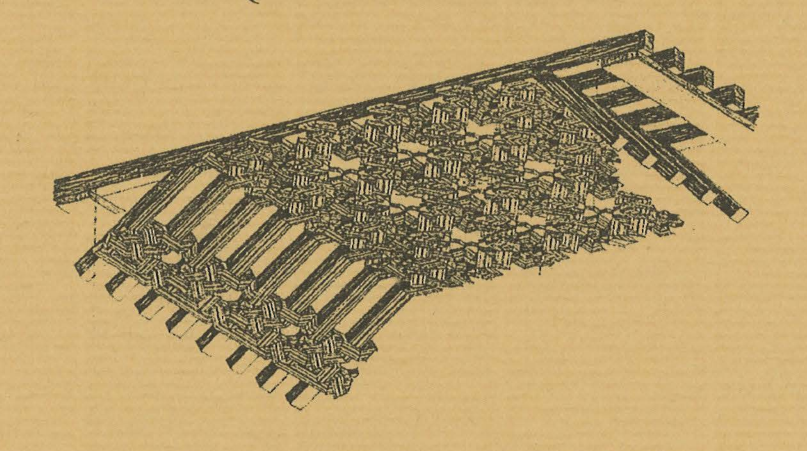


XVI

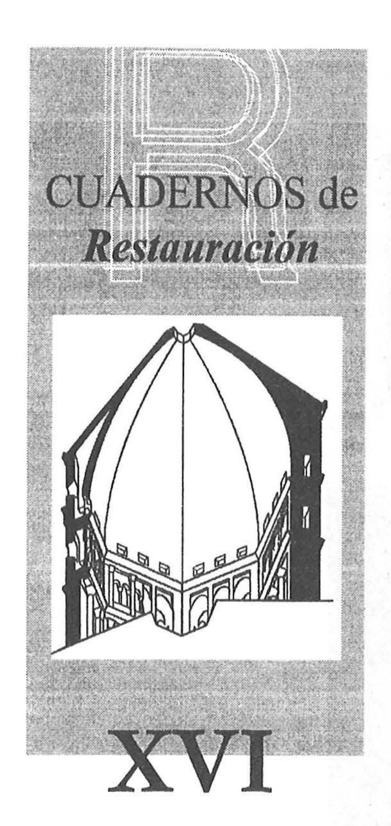
LA MADERA II

CONOCIMIENTO BÁSICO DE LA MADERA
CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA
UN EJEMPLO DE REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS: LAS ARMADURAS DEL PALACIO MAÑARA

ENRIQUE NUERE MATAUCO



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID



XVI

LA MADERA II

CONOCIMIENTO BÁSICO DE LA MADERA
CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA
UN EJEMPLO DE REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS: LAS ARMADURAS DEL PALACIO MAÑARA

ENRIQUE NUERE MATAUCO

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE
ARQUITECTURA
DE MADRID*



DIRECCIÓN: Ricardo Aroca Hernández-Ros
D. Pedro Navascués Palacio
D. José Miguel Ávila Jalvo

COORDINADORA: Dña. Angelique Trachana



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

La madera II

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Composición y maquetación: Dionisio Ramón Martínez Alonso,
Carlos Enrique Beltrán,
Daniel Álvarez Morcillo
Coordinación editorial: Angelique Trachana
CUADERNO 96.01
ISBN: 84-95365-69-3 (obra completa)
ISBN: 84-95365-74-X (la madera 2ª parte)
Depósito Legal: M-2481-2001

LA MADERA 2ª PARTE

CONOCIMIENTO BÁSICO DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

CARPINTERIA DE ARMAR ESPAÑOLA

UN EJEMPLO DE REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS: LAS ARMADURAS DEL PALACIO MAÑARA

CONOCIMIENTO BÁSICO DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN:

INTRODUCCIÓN

Antiguamente, el sistema de aprendizaje hacia posible llegar a tener un exacto conocimiento sobre el comportamiento de la madera, incluso antes de llegar a ser oficial y quien llegaba a maestro tenia sobrada experiencia sobre lo que la madera permitía o prohibía. Hoy el oficio se ha perdido, y las practicas sindicales han acabado con los auténticos aprendizajes salvo raras excepciones, es normal en la mayoría de los talleres de carpintería que lo que se conoce del oficio es el manejo de las maquinas pero poco del material que se trabaja: *la madera.*

Este problema se agrava con el abandono en que la mayoría de las escuelas de Arquitectura se tiene a la madera como material de construcción, y si los profesionales que salen de ellas no se sienten capaces de proyectar con madera, difícilmente se echara de menos el oficio desaparecido pero desgraciadamente, en el campo de la restauración no se puede ignorar un material como la madera, y las consecuencias de esta ignorancia son catastróficas para los monumentos, donde se cometen infinidad de disparates, que nadie critica porque poca gente esta preparada para hacerlo, y puedo dar fe de haber visto disparates realizados por Arquitectos expertos en Restauración, pero que tal vez se han visto impotentes ante las circunstancias por la falta de carpinteros profesionales capaces de realizar las buenas practicas de un oficio que desconocen.

Aunque no sea fácil este problema tiene posible solución: basta aprender a conocer el comportamiento de la madera por parte de los Arquitectos responsables de su utilización y una vez convencidos de la necesidad de realizar ciertas soluciones y no otras exigir a los carpinteros que las lleven a cabo. Basta de echar la culpa a los obreros de lo que es nuestra responsabilidad. Solo así se recuperara el oficio de carpintero pues aunque el actual oficial no dedique los largos años de aprendizaje requeridos antiguamente la tecnología actual le proporciona medios para llevar a cabo cualquier petición que podamos hacer y los conocimientos sobre el comportamiento de la madera que el maestro adquiría tras largos años de experiencia hoy se pueden adquirir gracias a una extensa bibliografía inalcanzable para los carpinteros tradicionales.

A la hora de proyectar con madera el mayor problema que nos plantea en una época de exhaustivos controles de calidad y responsabilidades cada vez mayores por parte de los técnicos responsables es la heterogeneidad del material unida a una falta de normativa oficial en la que apoyarnos.

No solamente debemos enfrentarnos con numerosas especies de madera que somos incapaces de identificar sino que aunque tengamos certeza de manejar una especie conocida cuyas características técnicas alguien nos pudiera garantizar, cada árbol de esa especie puede diferir de sus hermanos y aun dentro del mismo árbol una misma troza puede proporcionar elementos cuyo comportamiento puede ser diferente. No hay que olvidar que la calidad estructural de un elemento de madera depende de factores tales como cantidad y tamaño de nudos de la ubicación de estos en la pieza de la existencia de fendas de la desviación de la fibra etc. etc.

No es extraño por tanto que el arquitecto, que apenas ha recibido enseñanzas sobre el comportamiento de este material, prefiera usar el hormigón o el acero laminado, cuyas características estructurales le vendrán perfectamente garantizadas, y cuyos controles de calidad están perfectamente normalizados y no le van a crear ningún tipo de intranquilidad en cuanto a la responsabilidad asumida. Sin embargo, los defectos de la madera normalmente quedan a la vista, lo que en definitiva es más tranquilizador que el trabajo con otros materiales, cuyos defectos se han de determinar mediante ensayos de laboratorio que no están en nuestras manos, ¿Quien es capaz por ejemplo de prever los efectos de la aluminosis en una estructura de hormigón, o ser capaz de confiar en una soldadura si no se llevan a cabo una serie de complejos ensayos o radiografías, medios siempre costosos, y que hay que encomendar a terceros. Pero para quien no esté familiarizado con el uso de la madera aun quedan más incógnitas que le preocupan. Aun teniendo la garantía de emplear sólo madera de excelente calidad, sus peculiares características pueden crear problemas si se emplea ignorando su previsible comportamiento. Efectivamente, la madera es un material vulnerable ante bastantes agentes externos, y además que cambia de volumen en función de las condiciones del medio ambiente. Esto obliga a emplear la madera con ciertas precauciones, pero realmente el conocimiento básico necesario para no cometer errores importantes es ciertamente sencillo, por lo que esta cuestión no debería ser obstáculo para animar a su empleo, que en compensación puede aportar muchas ventajas.

Aunque todo lo antedicho parece complicar enormemente el empleo de la madera, sin embargo su propia textura nos va a advertir de como debemos utilizarla para evitar los posibles problemas, un buen ejemplo de adecuado empleo de la madera nos lo ofrecen las puertas de casetones o cuarterones, dispuestas de modo que están previstos todos los posibles movimientos de la madera, de forma que no sé alteren ni las dimensiones generales, ni la estabilidad del conjunto.

Por supuesto, la utilización de una madera convenientemente seca minimizará la aparición de problemas, pero nunca se debe olvidar que una madera excesivamente seca nos dará problemas al usarla al exterior, y que las alteraciones volumétricas siempre serán mayores para las maderas a la intemperie que para las colocadas en ambientes cerrados, de humedad más o menos

estabilizada. Pero tampoco debemos olvidar que aun en ambientes con la humedad teóricamente controlada, se producen cambios de humedad importantes, si bien será la duración de estos cambios la que puede llegar a afectar a la madera existente.

Tampoco se debe olvidar que precisamente este comportamiento de la madera es el que le hace tan confortable, ya que absorbe la humedad del ambiente cuando ésta es excesiva para nuestro confort, y nos la devuelve cuando el aire sé seca demasiado, de ahí que no se trate tanto de evitar los cambios de humedad del ambiente en que coloquemos la madera, sino de buscar soluciones que permitan su libertad de movimientos, sin afectar su estabilidad ni integridad estructural, y esto, afortunadamente no es difícil, basta con aprender de las soluciones históricas cuya eficacia ha quedado demostrada por el paso del tiempo.

CLASES DE MADERA: CONÍFERAS Y FRONDOSAS

En las zonas templadas del globo, durante los inviernos podemos ver dos clases diferentes de árboles: por una parte encontramos desnudos aquellos que en el otoño transformaron su apariencia, mutando el color de su ropaje de hojas, alegrando las masas arbóreas con vistosas coloraciones. Entre aquellos, una serie de arboles permanecen inmutables, conservando su verde aspecto.

De estos últimos que se mantienen verdes durante el invierno, algunos pueden confundirnos por permanecer con sus hojas, las que no caerán hasta ser sustituidas por las nuevas nacidas en la primavera, se trata de los robles, encinas, y alcornoques, todos de la misma familia.

En realidad, también las coníferas, especies que constituyen el conjunto de los árboles de hoja perenne, cambian sus hojas, pero lo hacen discretamente sin que el proceso se manifieste más que por la presencia de las caídas en el suelo.

En cualquier caso, son las hojas las que realizan las funciones vitales del árbol gracias a su clorofila, y para alimentar estas hojas el árbol debe suministrar desde la tierra los productos necesarios.

Al llegar los otoños, la actividad del árbol, (con o sin hojas), decrece enormemente preparándose para pasar el invierno inactivo. En el verano, las nuevas células que el árbol fabricaba son mucho más pobres, pero no menos eficaces. Se trata de células más compactas que refuerzan la débil madera crecida con abundancia durante la primavera, y así como las células nacidas con abundante agua y los primeros rayos de sol eficaces, amplias y jugosas, y permiten la fácil circulación de la savia hasta las últimas hojas de la copa del árbol, las nuevas células del final del verano, prietas y leñosas, refuerzan la resistencia del árbol cuyas ramas cada vez mayores se van a ver expuestas a los rigurosos vientos del invierno.

Entre los arboles cuyas hojas permanecen, y aquellos que pierden las suyas, existen lógicamente diferencias que se van a apreciar en la madera de sus troncos. En las especies frondosas, (las de hoja caduca), la copa compuesta por sus hojas y el ramaje que las soporta, por lo general es muy grande en relación con el desarrollo del tronco, y éste ha de ser fuerte para mantener semejante peso. En las coníferas, (las que mantienen sus hojas a lo largo del invierno), la masa verde es menor, (de hecho sus hojas se han transformado en delgadas agujas), y sus troncos de mayor altura.

La resistencia exigida a cada tipo de tronco es diferente y consecuentemente la composición de sus maderas también lo será.

Aun habrá que considerar una tercera gran especie de maderas, la de los arboles crecidos en zonas tropicales que desconocen la influencia de las estaciones cambiantes a lo largo del año, y cuya madera también acusa claramente estas diferencias.

ESTRUCTURA DE LA MADERA

La estructura interna de la madera es la responsable de su especial comportamiento, así como la causa de los problemas que plantea a quien ignora sus peculiares características. Es por tanto imprescindible, si se quiere trabajar con este material, conocer su estructura, o al menos, la influencia de su constitución en su comportamiento.

Básicamente, y con independencia de las variaciones que caracteriza a cada una de las especies antes mencionadas, la madera está compuesta por células con forma de largos cilindros, con su interior hueco. Las paredes de estas células son higroscópicas por lo que su contenido de agua varia con las condiciones del medio ambiente en que se encuentren. Por sus características propias, el mayor o menor contenido de agua de las células afecta al espesor de sus paredes, aumentando o disminuyendo su tamaño, lo que lógicamente influye en el conjunto de células, alterando el tamaño del elemento de madera que aquellas componen.

Ahora bien, la forma cilíndrica alargada de las células hace que su aumento de tamaño no se produzca de modo homogéneo en todo su volumen. La longitud de cada cilindro se modifica en forma despreciable con relación al aumento de su diámetro, lo que es fácil de intuir, al tratarse de una superficie hueca. Esta característica afecta de modo decisivo al comportamiento posterior de la madera, hasta el punto que su inobservancia conduce sistemáticamente al fracaso.

Sin embargo, el comportamiento del conjunto de células que componen un trozo de madera está condicionado también por otra serie de factores, que dependen de las condiciones de crecimiento de cada árbol, y de las condiciones geográficas del lugar de crecimiento.

Los árboles de las regiones templadas de la tierra, sufren una alteración cíclica en su desarrollo, debido a los cambios estacionales. Como ya mencioné, durante primavera, rica en lluvias y con un progresivo calentamiento del ambiente, favorece un crecimiento rápido del árbol, mientras que el verano con su calor excesivo y mayor sequía lo dificulta, endureciendo considerablemente más la madera de esta época. En las temporadas frías la actividad del árbol queda suspendida.

Este fenómeno queda patente en los llamados anillos anuales, visibles en las testas de cualquier madero. Los anillos claros corresponden a la madera de primavera, y los oscuros, (de madera más dura), a la madera estival.

Por otra parte es importante considerar que el crecimiento se produce en forma concéntrica, por lo que cuantos más años tenga el árbol, más perímetro de madera se ve obligado a generar en cada estación. Es fácil intuir que la madera periférica tendrá más cantidad de células que la del interior, y también se comprende que el crecimiento de las capas externas de algún modo ha de comprimir las capas internas más viejas, que van perdiendo su función de conducir la savia a través del tronco. Cuanto más crece el árbol más aumenta la madera periférica tierna, (albura o samago), encargada del transporte de la savia, mientras que la madera interior, (duramen) se transforma en madera dura encargada de sustentar el árbol que crece.

De lo anterior se desprende que tendrán distintas características la madera periférica y la central.

El aumento de sección por otra parte no es homogéneo a lo largo del tronco. Necesariamente ha de ser mayor en la base que en las alturas que alcanzó con el transcurso de los años, lo que convierte el tronco en algo parecido a un cono, con su base en el pie del árbol, y su vértice en el arranque de las últimas ramas.

No he mencionado hasta aquí las ramas, pero estas también va a influir de forma importante en el comportamiento de la madera: las que nacieron en los primeros años de vida del árbol van a quedar rodeadas por numerosas capas de madera nueva, que las abrazarán "asfixiándolas" , y haciendo que mueran. Estas ramas muertas pueden permanecer más o menos tiempo en el árbol antes de su caída, y la parte que quedó en el tronco podrá o no ser recubierta por madera nueva. Toda la extensión de estas ramas rotas que fue abrazada cuando ya tenían su corteza bien formada, quedará desligada de la nueva madera que la rodeó, y se convertirá en un nudo saltadizo que representa una importante disminución de la capacidad resistente del madero en que se encuentre.

Por el contrario, la parte de las ramas que siguió creciendo con el tronco que las rodeaba, estará bien integrada en la estructura de la madera nueva, y representará una menor merma de sus características resistentes. Sin embargo este nudo perjudicará al madero en que se encuentre de otra forma no menos grave. En efecto, su existencia de este nudo altera la dirección de las fibras "activas" de la madera en su entorno, y con toda probabilidad será causa de deformaciones de dicho madero.

El paralelismo y regularidad en la veta de la madera es la expresión visible del correcto crecimiento del árbol del que procede, por lo que su examen demuestra las virtudes o defectos de un madero concreto. De la forma "cónica" del tronco se desprende que un absoluto paralelismo de todas sus fibras es teóricamente imposible, las vetas tenderán a ser más paralelas cuanto más grande sea el tronco del que proceden, y su regular distribución atestigua un crecimiento homogéneo y por tanto un comportamiento mejor de la madera. Vetas muy próximas, corresponden a anillos de crecimiento muy próximos, lo que garantiza mayor proporción de madera dura, al existir poca madera de primavera. Lógicamente, estas características son más fáciles de encontrar en árboles de sitios fríos, de ahí que en general tengan mejor calidad los pinos suecos, rusos o finlandeses que los españoles, aunque pertenezcan a la misma especie.

Del mismo modo influye la situación del árbol en el monte dentro de una misma región, por ello no es igual el árbol que crece en un claro, que el que ha de abrirse paso en la espesura del bosque. Este último no conseguirá ninguna colaboración de sus ramas bajas, cuyas hojas, faltas de luz, apenas pueden ejercer su función clorofílico. Para subsistir el árbol debe crecer muy rápidamente hasta alcanzar las zonas altas del bosque, bien iluminadas, y lo hace sin ramas innecesarias. Cuando su tronco crezca, su madera tendrá sus vetas perfectamente paralelas y apenas contará con nudos importantes.

Tampoco se parecerá la madera del árbol crecido en el fondo del valle al abrigo de vientos violentos, de la de la que se asoma a las cuerdas de una cadena montañosa, donde los vientos hostigan constantemente sus ramas, ni será igual la madera de los crecidos en la ladera norte del monte respecto de los de su ladera sur, más soleada, aunque también menos húmeda.

Incluso dentro del mismo árbol, la distribución de la madera en una sección transversal del tronco no es homogénea. Dependiendo del clima de la zona, los anillos anuales se encuentran más próximos en la cara que da al norte que en la cara que da al sur, dado que en esta cara, la mayor insolación puede favorecer su crecimiento.

COMPORTAMIENTO DE LA MADERA CON RELACIÓN AL AGUA Y A LA HUMEDAD AMBIENTE

Si disponemos de una pieza prismática de madera, podemos señalar en ella tres direcciones principales. Por un lado la longitudinal, paralela al el eje del tronco del que procede, que coincide con la dirección de las generatrices cilíndricas de las células que componen la pieza. Ya mencioné que la deformación de las células cilíndricas, en la dirección paralela al eje del cilindro

era despreciable, por lo que la deformación de la pieza en esta dirección también será despreciable. No así en las direcciones perpendiculares al eje de las células. Entre las posibles direcciones perpendiculares al eje de crecimiento del árbol distinguimos dos grupos: por un lado las direcciones radiales, que parten del centro a la periferia, y por otro las tangenciales formadas por las perpendiculares a las radiales.

También mencioné que en la zona periférica del tronco la madera era de una menor densidad. Por otra parte, un aumento determinado del radio del tronco hace aumentar su perímetro 2 veces. En el conjunto del tronco esto dará lugar a un importante desequilibrio. Si las células que lo componen el tronco aumentan individualmente sus diámetros, el radio del tronco también aumentará proporcionalmente su diámetro. a longitud de un anillo de células periféricas, supuesto que sea d el diámetro de una célula, n el número de células existentes en dicho anillo, será igual a n.d. Supongamos que dicho anillo está a una distancia r.d del centro del tronco. Si hay una variación de humedad, (por ejemplo al secarse el tronco) que afecta la dimensión de cada célula en un factor f el radio del tronco sufrirá una variación de dimensión igual a f. r.d, mientras que el anillo a distancia r.d, deberá tener una dimensión 2.f.r.d. Ahora bien, dicho anillo tenía una dimensión igual a n.d, que aumentará a f.n.d, único aumento posible de estas células periféricas. Para que esta dimensión sea compatible con la dimensión que correspondería al anillo en el que se encuentran, es decir que se igualen las expresiones 2.f.r.d, con f. n.d, es evidente que habría de cumplirse: 2.r = n , condición imposible, por lo que el secado del tronco producirá grietas en su perímetro, o si se produce con la suficiente lentitud, para evitar dichas grietas, tensiones en las células periféricas que habrán de ocupar espacios distintos de los que su estructura requiere.

Esto explica que la alteración en volumen de la madera periférica sea mayor que la de la madera central del tronco. En el tronco sin trocear, al secarse la madera periférica este fenómeno se agrava, con independencia de que la contracción o expansión en dirección tangencial sea bastante más importante que en el sentido radial. En una pieza de madera de conífera, por ejemplo, los valores de contracción correspondientes a cada una de las direcciones mencionadas, pueden llegar a ser:

		Coníferas	roble
Longitudinal	0,1 a 0,4%	0,01	0,01
Radial	3,5 a 4,0%	0,12	0,20
Tangencial	7,2 a 7,8%	0,24	0,40

De los datos anteriores se desprende la gran diferencia de deformación que puede esperarse en cada una de las directrices ortogonales de una pieza prismática de madera.

A este problema aún debemos añadir otro. Se trata de la posición relativa que la pieza prismática ocupó en el tronco, lo que afecta a la deformación que sufrirá su sección, y que se aprecia mejor en un dibujo esquemático del tronco, con diversas piezas sacadas de distintas zonas de su sección.

También es importante considerar que las secciones tienen mayores deformaciones en relación con su tamaño cuanto más cerca de la periferia del tronco se hayan obtenido, y lógicamente esta deformación es aun mayor si el tronco es de importantes dimensiones, lo que tan sólo podemos intuir a la vista de los anillos anuales en la madera aserrada.

A pesar de la aparente imposibilidad de conseguir buenos resultados con un material de comportamiento aparentemente tan anárquico, a lo largo de los siglos, el buen oficio de los carpinteros ha ido encontrando soluciones que obviaban los problemas que reiteradamente planteaba la madera. Un magnífico ejemplo lo muestran las puertas castellanas. Los largueros que forman sus costados se unen mediante peinazos. La deformación máxima posible en el ancho total de la puerta será del orden del 0,1% del largo de sus peinazos, y si los largueros se han cortado correctamente, es decir radialmente, podrán deformar del orden del 3,5% de su ancho. Para una puerta de 80cm de ancho, estos valores representan unos 6 mm, (supuesto que la puerta se hizo con madera sin secar en absoluto). Pero lo más interesante es que la estabilidad del conjunto no sufre ninguna tensión.

Queda por resolver la forma de cuajar los casetones, que si quedarán afectados por la contracción o hinchazón de las piezas del bastidor a las que se han de fijar. Estos se acoplan en ranuras de los largueros y peinazos sin cola ninguna, para que puedan encoger o ensanchar con las variaciones de humedad del ambiente. Lo más sutil de esta construcción, es que también se ha previsto la deformación tangencial del bastidor, que proporcionalmente es la mayor del conjunto. Para ello, las tablas de los casetones en vez de tener sus caras paralelas, se preparan en forma de cuña, por lo que al mermar la madera del bastidor ajustará en una sección menor del casetón, que también habrá mermado, y lo contrario ocurrirá cuando sé produzca su hinchazón.

Al trabajar con la madera debemos recordar la existencia de los dos grandes grupos de maderas ya mencionados: por un lado, las coníferas, de hoja perenne, como el pino, abeto, cedro, etc, de crecimiento relativamente rápido, troncos rectos y largos de sección muy homogénea. Muy buenas para la construcción por sus características de trabajabilidad y resistencia.

Por otro se encuentran las especies frondosas, de hoja generalmente caduca, aunque especies de este grupo, como robles o encinas, aunque cambian anualmente la hoja, pueden conservarla en invierno. Típico de este grupo son el chopo, álamo, nogal, castaño, especies frutales, etc. Su crecimiento es mucho más lento que el de

las coníferas, y sus troncos muestran tres zonas diferenciadas: corazón, duramen y albura. Exceptuando la albura compuesta por madera que aún no se ha endurecido como el resto, son maderas más duras y compactas que las coníferas, proporcionando mejor acabado superficial, por lo que son preferidas en ebanistería. También se han utilizado en la construcción, pero su mayor coste y menor facilidad de trabajo, hacen que se prefieran las coníferas para este cometido, salvo en aquellas regiones en las que el roble es tan abundante como el pino, en cuyo caso es preferida por sus mejores cualidades. También es mayor la alteración dimensional en las especies frondosas.

Ya expliqué la diferente respuesta dimensional según cada una de las tres direcciones principales de cada pieza, así como la influencia que en la forma final de las nuevas piezas tiene la parte de la sección circular de donde se obtuvieron, y un nuevo condicionante: el regular o irregular contenido de humedad de la pieza de donde se han obtenido las piezas estudiadas, en el momento de cortarlas.

Para entender mejor la magnitud de la contracción de la madera, he preparado el siguiente experimento: he utilizado un fragmento de tronco mantenido un mes a la intemperie, y otro conservado el mismo tiempo en un ambiente que en la práctica se puede considerar seco. De cada tronco corté probetas prismáticas de sección cuadrada y caras perfectamente paralelas. Del tronco húmedo saqué dos prismas, uno de ellos lo conservo entero, el otro y el obtenido del tronco "seco los divido en cubos de caras iguales. He cortado uno de los prismas con los anillos anuales "paralelos" a una de sus caras, y el otro con los anillos "paralelos" a su diagonal.

De las dos series de tres cubos, una la he sometido a un secado rápido y gradual, en horno eléctrico, mientras que la otra serie la he sometido a un secado brusco, calentando con microondas su contenido de agua tanto del centro como de su superficie.

Las probetas de madera cortadas del tronco "seco" sufrieron las siguientes contracciones:
Longitudinal inapreciable radial 2,06%; tangencial 3,57%, mientras que una de las probetas cortadas del tronco húmedo sufrió las siguientes contracciones:
longitudinal inapreciable radial 3,31%; tangencial 10,06%

En el prisma alargado procedente del tronco húmedo, se aprecian diferentes contracciones a lo largo de su eje longitudinal. Se debe al distinto contenido de humedad de la probeta antes de cortarla.

QUÉ SE PUEDE Y QUÉ NO SE PUEDE HACER CON LA MADERA

Con todo lo hasta aquí expuesto se comprende la complejidad que plantea el empleo de la madera, y a cualquiera puede asustar la cantidad de factores que influyen en su comportamiento.

A pesar de ello, en la práctica del trabajo del arquitecto, bastan unas sencillas precauciones para evitar posibles fracasos.

En primer lugar, y dado que los cambios de humedad son los que más afectan al comportamiento de la madera, es primordial cuidar las condiciones de diseño del conjunto para minimizar su posible influencia. Esto exige como principio fundamental asegurar una eficaz protección del agua de las lluvias, así como de la que por capilaridad proviene de los terrenos, o de cualquier otra fuente.

Otra condición a observar rigurosamente, es la de proporcionar la mayor ventilación posible a la madera en la construcción. No se trata tan solo de evitar las excesivas contracciones o hinchazones de la madera, es importante saber que las células con mayor contenido de humedad, además de alterar su volumen, están más expuestas al ataque de xilófagos por encontrarse reblandecidas y por tanto resultar más "tiernas" a sus depredadores, por lo que garantizar su rápido secado preserva la madera de sus posibles ataques.

Pero la característica más importante a tener en cuenta en el diseño de conjuntos formados por piezas de madera es conocer su futuro comportamiento y evitar que éste afecte a la estabilidad dimensional del conjunto.

El ejemplo de la puerta castellana de cuarterones muestra como un empleo inteligente de la madera soslaya los problemas que esta plantea. Desgraciadamente la experiencia con la madera enseña a través de los fracasos recogidos al ignorar su comportamiento, o al inventar soluciones con las que se pretende "dominar" la inevitable contracción o hinchazón de la madera. De ahí que en su empleo la mejor recomendación sea aprender de las soluciones tradicionales, que a lo largo de los siglos han permanecido prácticamente invariables.

La tecnología de nuestro siglo, con el empleo de colas de enorme eficacia, y con maquinaria capaz de obtener delgadas láminas de madera en las que sé consigue dividir la acción conjunta de grandes bloques de "células caprichosas", y obtener así productos cuyo comportamiento es más controlable.

CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DE LA MADERA

En el uso de la madera pueden distinguirse dos grandes grupos: la construcción y la ebanistería.

Dentro de la construcción tenían diferente formación los carpinteros de armar, responsables de la realización de la estructura y la cubierta de los edificios, de los encargados de realizar puertas y ventanas del mismo. Estos últimos hoy los reconocemos como carpinteros de taller, mientras que los primeros pueden considerarse prácticamente desaparecidos en España.

Al desaparecer los carpinteros de armar en nuestro país, se han perdido hábitos que serán difíciles de recuperar. Uno de ellos es la clasificación de la madera por las características que afectan a su uso en la construcción, prevaleciendo la clasificación en función de su apariencia, que nada tiene que ver con las necesidades de la madera que conviene emplear en obras, en función de factores directamente relacionada con su resistencia.

Afortunadamente este problema está en vías de solucionarse, pero hasta que aparezca la normativa oficial podemos hacer uso de otras clasificaciones, por ejemplo la que se realiza en Alemania, que incluye las maderas de construcción en tres diferentes grupos, en función de sus posibles defectos, y que la clasifica en tres grupos: el 1°. La que tiene escasos defectos, 2°. La corriente, y 3°. La que tiene defectos que rebasan determinados límites. Para el cálculo se considera normalmente la madera de la segunda clase, y sólo se especifica la primera para elementos concretos en los que se deberá comprobar la calidad concreta de la madera empleada.

DEFECTOS DE LA MADERA

Los factores que distinguen las maderas son los siguientes: en primer lugar la dimensión de la casi inevitable curvatura de la madera. Influye también la desviación de las fibras respecto al eje longitudinal de las piezas. Como es lógico los nudos afectan la resistencia de la madera, pero de distinta forma según sea el tipo de nudo, la posición respecto de la pieza y la abundancia de los mismos, lo que impone unas complejas condiciones de control de las piezas. La existencia de fendas, o grietas producidas en el crecimiento del árbol, pueden impedir la inclusión de la madera en las clases primera y segunda, lo que también ocurre con ciertos daños producidos por xilófagos.

MEDIDAS DE LAS MADERAS

En la actualidad se sigue manteniendo la pulgada como unidad más utilizada para medir de las distintas escuadrías, con la ventaja del valor universal actual de la pulgada. En muchos paises que desterraron el sistema antropométrico de medidas por el sistema métrico decimal, se equipara la pulgada con su equivalente decimal (2,54 cm) y se sigue manteniendo aunque a veces se introduzcan extraños redondeos que hacen oscilar ligeramente las medidas disponibles.

En cualquier caso, la madera que ha de ser objeto de alguna elaboración ha de ser cepillada posteriormente, para conseguir su absoluta rectitud, por lo que las dimensiones originales tienen sólo una importancia relativa.

RECURSOS PARA AMPLIAR LA DISPONIBILIDAD DE LA MADERA.

Desde muy antiguo se ha luchado contra la limitación que imponía el mercado de madera disponible buscando soluciones que permitieran disponer de maderas de dimensiones amplias aunque no se tuviera acceso a las grandes trozas.

Desde el siglo pasado se empezó a utilizar el tablero contrachapado, que permitía utilizar piezas de gran superficie a base de encolar tres delgadas tiras de madera con la dirección de sus fibras cruzadas, solución que resolvía el problema de la estabilidad dimensional, y que permitía conseguir mayores espesores por la simple adición de parejas de nuevas capas delgadas de madera, siempre cruzando la dirección de sus fibras con la de las de las capas adyacentes.

Se había resuelto el problema de las grandes superficies, pero aún quedaba por resolver el de las gruesas secciones precisas para resistir grandes cargas en el campo de la construcción.

La solución vino por un camino parecido. Uniendo delgadas tablas sé podían conseguir secciones del canto deseado, y adicionalmente proporcionaba la ventaja de poder emplear maderas de peor calidad eliminando de estas los defectos que las hacían inútiles para utilizarlas aisladas. Con la madera laminada no sólo se consiguen obtener las secciones deseadas, óptimas de acuerdo con el cálculo estático de las piezas, sino que las tensiones de trabajo permisibles son mayores de las de la madera serrada, al poder eliminar los defectos que imponen unos valores más conservadores en la madera aserrada.

MADERA LAMINADA

Para componer piezas de madera laminada se encolan numerosas piezas de espesor no mayor de unos cuatro centímetros, a las que se les ha suprimido los nudos mayores de un predeterminado diámetro.

La unión de numerosas láminas equivale a conseguir una pieza con sus fibras prácticamente paralelas a la directriz, aunque en cada uno de sus componentes no se cumpla estrictamente esta condición. Por otra parte las colas disponibles empleadas para este fin proporcionan a las células de las caras de contacto entre dos laminas encoladas, mayor adherencia que la de las propias células de una misma pieza, por lo que las uniones encoladas no suponen debilitamiento en la sección total de la madera, (por supuesto siempre que sé hayan realizado en las debidas condiciones).

Estas mejoras de la calidad del material componente de estos elementos estructurales así formados, no esta sujeto a la enorme diversidad de alteraciones que pueden afectar a elementos simples de madera aserrada, por lo que en su calculo se puede considerar coeficientes de

calculo y de seguridad más estrictos, ventaja no menos interesante que la de poder obtener secciones de mayor tamaño que la de los mayores arboles existentes. Por otra parte, los elementos laminados pueden realizarse con formas curvas, otra ventaja adicional, difícil de conseguir con troncos generalmente rectos.

El hecho de poder obtenerse grandes secciones no excluye el uso de madera laminada para secciones relativamente pequeñas, y que podrían obtenerse directamente de troncos normales, dado que estos elementos laminados ofrecen muchas mejores condiciones no solo de resistencia, sino también de estabilidad dimensional, al haber eliminado o minimizado muchos defectos que perjudicaban las condiciones de trabajo de la madera aserrada.

Lo que aun no se ha resuelto con la madera laminada es la ejecución de uniones siguiendo las técnicas tradicionales carpinteros, entendiéndose por tales las debidas a la tradición de sus usuarios históricos, dado que se trata de un material aparecido al tiempo que se perdían las ultimas manifestaciones de los carpinteros de armar, desbordados por una tecnología que superaban sus mejores tradiciones.

Este problema sin embargo tiene fácil solución, sin mas que prever los ensambles de unión al configurar cada una de las piezas del conjunto, evitando el uso innecesario de elementos metálicos y reduciendo su empleo a las situaciones en que proporcionen una mejor solución que la alcanzable con los propios elementos de madera que compongan el conjunto.

RESISTENCIA DE LA MADERA

La madera es el material de los empleados de construcción, con mayor resistencia por unidad de peso, incluso por encima del acero.

Sin embargo esto no se cumple en todo tipo de solicitaciones. Aunque sus resistencias a tracción compresión y flexión son excelentes, el punto flaco de la madera es la hendibilidad, característica que permite que sus fibras puedan separarse entre sí con cierta facilidad. Este defecto se convierte en virtud a la hora de trabajarla, facilitando su manipulación con herramientas de corte afilado, como el hacha o los formones

De lo antedicho ya se intuye que los coeficientes de trabajo de la madera no van a ser uniformes como los de los otros materiales homogéneos. Efectivamente, el primer quebradero de cabeza que la madera proporciona a los calculistas su estructura anisotropa que ofrece resistencias diferentes según la dirección en que inciden los esfuerzos en la madera. Así, la resistencia a la compresión, que alcanza importantes valores en la dirección axial des piezas, disminuye sensiblemente en dirección perpendicular a su eje. Esto se debe a la estructura cilíndrica de sus células. Se comprende fácilmente que los cilindros pueden resistir fuertes presiones longitudinales pero al ser huecos son fácilmente aplastables.

Esta característica de la madera requiere especial atención para el diseño de sus encuentros, aspecto critico desde el punto de vista de la transmisión de esfuerzos de unas piezas a otras, razón por la cual las soluciones de ensambles han sufrido poca alteración a lo largo de la historia de la carpintería de armar.

Es importante considerar en el caso de encuentros con tornillos o bulones, el peligro de cizallamiento que estos pueden provocar en las piezas que sujetan, dado que la resistencia a cizallamiento de la madera es muy baja.

Para mejorar estas uniones se recurre a situar alrededor de los bulones, piezas cilíndricas de mayor diámetro que repartan los esfuerzos en una sección mayor de las piezas unidas.

Tampoco debe olvidarse la alteración que supone en las condiciones resistentes de la madera la variación de su contenido de humedad, así como el paso del tiempo que provoca un endurecimiento y en consecuencia una mayor resistencia de la madera, por lo que no debe calcularse con las mismas tensiones de madera vieja que la nueva.

Es frecuente al hacer comprobaciones en estructuras antiguas de madera, constatar que los esfuerzos soportados por muchos de sus elementos sobrepasan ampliamente los máximos permisibles sin que aparezcan las deformaciones esperables.

CARPINTERIA DE ARMAR ESPAÑOLA

Las principales manifestaciones de Carpintería en la construcción son los entramados de madera y las armaduras de cubierta, especialmente las resueltas para cubrir grandes vanos sin necesidad de soportes intermedios. No se debe olvidar la realización de forjados de piso, aunque esta actividad, cuando la disposición de vigas era elemental, también se podía llevar a cabo directamente por albañiles.

ENTRAMADOS

La madera como elemento principal de la construcción se utiliza casi exclusivamente en la submeseta norte, en lo que antaño fueran los reinos de Castilla la Vieja y León, con una fuerte incidencia en la cornisa cantábrica, especialmente en el país vasco.

Aparte de esta zona, se encuentra también construcción con importante empleo de la madera en las zonas montañosas, especialmente en los Pirineos, cordillera Ibérica y algo en la zona de la sierra de Alcaráz.

Es de señalar la importancia que la madera adquiere para la realización de elementos auxiliares en las islas Canarias, lo que presupone la existencia de buenos carpinteros, hecho confirmado por la realización de magníficos artesonados, solución de techumbre muy empleada en las islas, con magnífica técnica.

Respecto al rincón gallego, es de señalar que la existencia de buenos carpinteros no impide a los también magníficos canteros gallegos la utilización de la piedra con preferencia al entramado, lo que se extiende por Asturias y Cantabria sin llegar a ser lo más usual en el país vasco.

FORJADOS DE PISO

Hasta la aparición del hierro, la madera ha sido el único material disponible en la construcción capaz de trabajar con eficacia a flexión. Para la formación de pisos era preciso escoger entre soluciones abovedadas o forjados de madera.

Es lógico que la solución leñosa haya sido empleada mayoritariamente al liberar a los muros de la necesidad de soportar los empujes originados por las bóvedas.

En España disponemos de una riquísima tradición carpintera, conservando aún magníficos ejemplares que nada envidian a los mejores realizados en Europa.

La solución más simple de todas consiste en colocar maderos horizontales próximos entre sí, de muro a muro del local a cubrir.

Cuanto mayor sea la separación entre muros, mayores han de ser las maderas empleadas. En caso de grandes luces, para evitar el empleo masivo de grandes escuadrías, siempre más difíciles de encontrar, se recurre a colocar éstas no próximas, sino distanciadas de trecho en trecho, como si de "muros" auxiliares se tratase, con lo que vuelve a ser posible el empleo de escuadrías menores, apoyadas sobre aquellas. Este proceso se puede repetir, y es fácil encontrar soluciones hasta con tres ordenes distintos de viguerías.

LAS ARMADURAS DE CUBIERTA

Para el carpintero, la formación de una cubierta plantea inicialmente el mismo problema que la formación de un piso.

De hecho, una parte importante de las cubiertas realizadas, se resuelven como forjados de piso inclinados. Tal es el caso de las armaduras con correas, solución contrapuesta a las armaduras de pares, esencialmente por la forma de trabajo de cada una de ellas.

ARMADURAS CON CORREAS

La característica de este tipo de soluciones, es la de provenir directamente de las soluciones empleadas para los forjados, con la única diferencia de que su apoyo está inclinado según la pendiente de la cubierta.

Para conseguir la inclinación de los faldones, podemos utilizar cualquiera de las siguientes opciones: rematar los muros con la inclinación debida. En caso de espacios alargados será imprescindible colocar muros intermedios, y si este espacio debe ser unitario, estos muros se calaran con arcos. Son los llamados arcos diafragma.

El carpintero puede colaborar a lograr mayor diafanidad del espacio cubierto sustituyendo estos arcos por una estructura de madera, generalmente triangulada. Esta solución, ya empleada en el mundo romano, se generalizó en todo el ámbito mediterráneo.

ARMADURAS CON PARES

El par es una pieza que genera empujes horizontales en su base. Que este empuje se trasmita o no al muro, depende de la organización estructural de la armadura. Este tipo de soluciones constructivas se basa en el mismo esquema del castillo de naipes. Es evidente que si no se utilizan técnicas adecuadas su estabilidad será muy precaria.

La primera solución de este tipo consiste en colocar pares de maderos enfrentados, (probablemente de ahí su nombre), equilibrando cada cabeza de uno con la del opuesto. Si la armadura es pequeña o arranca de muros de escasa altura, los empujes de esta estructura no plantean graves problemas, sobre todo cuanto mayor sea la inclinación de los maderos. La estabilidad mejora sustancialmente si la unión de todas las cabezas queda

trabada por una pieza horizontal, la hilera. Los problemas surgirán al aumentar las luces cubiertas, caso en el que los empujes empiezan a ser considerables. Se hace imprescindible unir también todas las bases de los pares, con otro elemento horizontal, el estribo. Si éste se recibe firmemente en el muro, le trasmitirá los empujes de la armadura, y si queremos liberarle de dichos empujes, será preciso independizar el estribo del muro. Este sólo será capaz de resistir los empujes recibidos si tiene sección suficiente y está perfectamente sujeto en sus extremos. En estancias largas será muy difícil encontrar secciones suficientes para soportar en una sola pieza los empujes recibidos, ni maderas del largo preciso. Para solucionar estos problemas hay que introducir un nuevo elemento: el tirante.

Si las luces salvadas eran como decía importantes, los pares deberán aumentar consecuentemente sus secciones, o como alternativa, recibir algún apoyo intermedio. La nueva pieza que puede procurar este apoyo, recibe el nombre de nudillo, y se coloca generalmente a dos tercios de la altura del par. Ya tenemos conformada la armadura de par y nudillo, que va a utilizarse preferentemente en las techumbres que los carpinteros españoles realizaron para dejar vistas. Este soporte dará lugar a un gran número de variantes que después mencionaré.

ARMADURAS MIXTAS

Además de los modelos básicos mencionados, hay numerosas soluciones que son resultado de mezclar las anteriormente expuestas. Sobre todo se encuentran estas soluciones híbridas sobre las bóvedas de iglesias, o sobre artesonados resueltos con función exclusivamente decorativa, lugares donde los carpinteros podían liberarse del cumplimiento estricto de las reglas tradicionales, o simplemente se trataba de carpinteros menos expertos.

Es preciso mencionar también la existencia de soluciones abovedadas, ya de cañón, ya de nervaduras góticas y plementerìa, imitando las de cantería, así como las bóvedas encamonadas, resueltas a base de arcos de madera, con frecuencia utilizando como apoyo auxiliar los tirantes de una armadura de par y nudillo de la techumbre, y sobre los cuales se fija un entramado de tablillas que sirven de soporte a un revestimiento de yeso al que se le da un acabado a imitación de una más costosa labor de cantería. Sin embargo queda un tipo de estructuras carpinteras que merece mención aparte, son las que expongo a continuación.

CHAPITELES

Con Felipe II se importa esta nueva solución para cubrir torres cuadradas, con grandes pendientes posibles gracias a la utilización de la pizarra como elemento protector, como alternativa a la más modesta de pabellón a cuatro aguas cubiertas de teja curva.

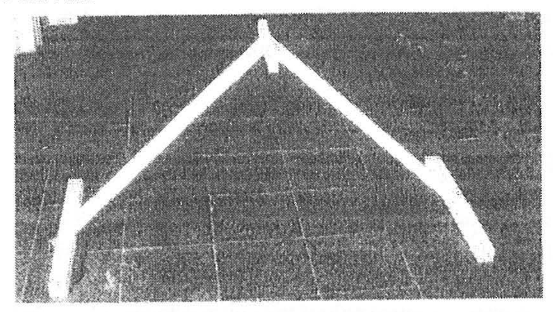
ELEMENTOS DE LAS ARMADURAS DE PAR Y NUDILLO

El arranque de toda armadura de par y nudillo ha de ser el estribo. Sin embargo ésta no es la primera pieza que se coloca sobre el muro. En su coronación, en primer lugar se reciben nudillos, que se distanciaban entre sí aproximadamente una vara.

En ellos se clavará la solera, sobre la que se montarán las zapatas o canes de los tirantes. Por su tamaño, suelen ser las piezas más importantes de la armadura. En un rebaje realizado en sus costados se encajan las piezas del estribo, que como se puede comprender, quedará al aire, tan sólo apoyado sobre los canes, trabajando a flexión, tanto vertical como horizontal, a causa del peso y empuje respectivos del faldón de la armadura. De ahí que su sección sea generalmente cuadrada.

Los pares apoyan directamente en el estribo, y le trasmiten su empuje gracias al corte que se realiza en su base. La patilla es la parte que queda a un lado del corte vertical, la parte sobre el apoyo horizontal recibe el nombre de patilla.

A dos tercios de la altura del par, (en la mayor parte de los casos), se realiza la garganta, rebaje de forma triangular, (realmente trapezoidal), hecho en ambas caras, con una profundidad de un quinto de su grueso, donde se alojarán los cornezuelos del nudillo. También se proporciona al nudillo un asiento frontal que reduzca el esfuerzo de los cornezuelos, haciendo un rebaje en la cara del par, precisamente en la parte baja del ensamble. Los pares se rematan en el copete, come vertical que permite enfrentarlo a la hilera, donde generalmente se clavan.



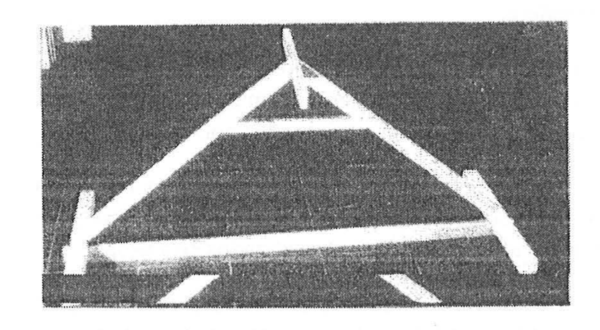


FIGURA 1: Armadura de par y nudillo, que va a utilizarse preferentemente en las techumbres que los carpinteros Españoles realizaron para ser vistas.

LA LACERIA

Difícil tarea se plantea quien pretenda establecer el origen de la lacería en nuestras armaduras carpinteras. Que hay un claro a importante influjo musulmán es evidente. Pero también es evidente que los musulmanes que llegan a España difícilmente podían conocer un material que apenas habían utilizado antes, y que además requiere un conocimiento y una tecnología que aún hoy, con unas posibilidades de acceso al conocimiento generalizadas, lleva al fracaso a quien la emplea sin conocerla a fondo.

Carpinteros castellanos al servicio de Pedro I tal vez conocieron las obras que Muhamad V realizaba en la Alhambra, como parte del contingente de obreros que ambos monarcas se intercambiaron, y sin duda quedarían impresionados por los complejos trazados de lacería islámicas, que sorprendentemente eran fácilmente realizables con los cartabones que ya utilizaban para sus trazas de simples estrellas de ocho que ya decoraban sus armaduras.

RETABLOS

Aunque no suele ser frecuente el encargo de obras de restauración de retablos a los arquitectos, este tipo de obras en muchas ocasiones son auténticas estructuras arquitectónicas, no sólo por su organización carpintera, sino por su sometimiento a los órdenes clásicos que regulan casi todas las composiciones, así como también suele ser frecuente, por su integración en la arquitectura de la iglesia en que se construyeron.

En definitiva se trata de obras de carpintería, generalmente polícromas, que requieren una técnica de intervención más cuidadosa que la que precisan los artesonados, y en las que la intervención deberá estar coordinada por restauradores. Al contrario que ocurre en la mayor parte de artesonados o armaduras de cubierta, que por su carácter prioritariamente estructural deben coordinarse por arquitectos, o al menos por carpinteros expertos en el oficio de la carpintería de armar.

EJEMPLOS DE INTERVENCIÓN

Establecer unas normas generales de intervención es imposible, dada la multiplicidad de casos diferentes que nos podemos encontrar, pero la exposición de diversos casos de intervenciones realizadas puede orientar sobre la forma de abordar cualquier nuevo caso que se nos pueda presentar.

En primer lugar considero dos tipos diferentes de intervención:

1. Forjados de piso
2. Armaduras de cubierta

FASES EN LA RESTAURACIÓN DE ELEMENTOS DE MADERA

La puesta en obra se refiere a la última fase de intervención en la restauración, pero para llegar a ella ha sido preciso pasar por otras dos fases que condicionan inevitablemente esta tarea final.

Se trata del diagnóstico y la representación gráfica, que con independencia de la necesaria valoración de los trabajos, son los cometidos imprescindibles para acometer cualquier trabajo de restauración. Excluyo intencionadamente la valoración económica dado que para poder realizarla son también previamente imprescindibles las fases mencionadas, de ahí la importancia de realizar estas fases acertadamente.

DIAGNÓSTICO

Esta es la fase más comprometida del trabajo del arquitecto, por las dificultades intrínsecas que conlleva el correcto análisis de los síntomas, claros o inciertos, de los posibles daños de la obra a restaurar.

La primera condición exigida para poder determinar los daños de una estructura en función de los síntomas visibles, es la de conocer de modo inequívoco el comportamiento estructural de la obra analizada, y para ello no es menos necesario el conocimiento del comportamiento resistente de la madera.

En principio un diagnóstico basado en síntomas apreciables puede ser correcto, pero con demasiada frecuencia muchos de los síntomas de las estructuras de madera pueden pasar desapercibidos en un examen realizado con todas las precauciones posibles, ya por la distancia a la que debamos examinar la obra, (caso de techumbres de naves o cruceros de iglesias), ya por que los elementos estructurales permanezcan totalmente ocultos y difícilmente podamos conocer cual puede ser su comportamiento estructural si no sabemos de que tipo de estructura se trata.

Estos problemas no existirán si para el diagnóstico disponemos de los medios necesarios, (generalmente andamios), y de un mínimo equipo para realizar una serie de catas que nos despejen los obstáculos que impiden alcanzar la vista de los correspondientes elementos de madera en mal estado. El problema que plantea esta exigencia es el de su coste, que en alguna ocasión podría ser mayor que el ahorro que se pueda conseguir con un diagnóstico acertado, respecto del presupuesto más aproximado al que podamos llegar sin contar con esos medios económicos. La solución más sensata sería la intermedia, es decir disponer de medios de estudio previo de la obra a realizar cuando la importancia de la misma lo requiera y prescindir de ellos cuando el presupuesto no lo permita, aunque como se puede suponer nunca será ésta una decisión fácil de tomar.

En cualquier caso es evidente que el análisis de síntomas será siempre imprescindible, y para poder hacer este

análisis con acierto no queda más remedio que conocer el comportamiento de la estructura a restaurar. Afortunadamente los modelos utilizados por la carpintería tradicional española son pocos, (aunque con gran variedad en la solución de sus detalles, lo que en cierta medida complica algo la correcta interpretación de síntomas), y una vez conocido el esquema utilizado la interpretación de los defectos apreciados es relativamente sencilla.

Ahora bien, el verdadero problema puede estar en la forma de apreciar los síntomas, especialmente cuando no podemos acercarnos físicamente a la obra, dado que la visión posible puede impedir puntos de vista desde los que se acusen ciertos defectos estructurales, o, lo que es peor, que los defectos y parte de sus síntomas queden ocultos por la propia obra, o incluso por intervenciones realizadas anteriormente que pueden haber ignorado problemas que necesitaban resolverse, por lo que tampoco la existencia de una intervención reciente puede garantizar ausencia de problemas en la zona intervenida

En todo caso es importante establecer la causa del deterioro producido, diferenciando si los daños son debidos a degradación de la madera por cualquier tipo de ataque sufrido, o si se trata de un problema de mal diseño original, o alteración de las condiciones originales por intervenciones realizadas a lo largo de la historia del edificio, dado que en cada caso las medidas a considerar son radicalmente distintas.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Una vez reconocida la obra y determinados sus daños, nuestra tarea consiste en trasmitir las instrucciones precisas para que terceras personas puedan llevar a cabo la necesaria intervención, y esto tenemos que hacerlo utilizando mayoritariamente un lenguaje gráfico. Este es un lenguaje más, que como los idiomas extranjeros es preciso aprender para entendernos con los demás. Y no basta con que nosotros dominemos dicho lenguaje, es preciso además que lo entiendan las personas a las que va dirigido, y aquí es donde más dificultades podemos encontrar. Por una parte debe ser comprensible por los técnicos encargados de valorar las obras, y por otra de los responsables de su ejecución. En un mundo en el que todos utilizamos el mismo lenguaje gráfico parece innecesario este tipo de reserva, pero no lo es si tenemos en cuenta que la representación de armaduras de cubierta presenta peculiaridades que hacen que los sistemas de representación habituales no sean adecuados para su fácil entendimiento.

En este aspecto es muy interesante recuperar los métodos antiguos de representación que conocemos gracias a los manuscritos de López de Arenas y fray Andrés de San Miguel, que sorprendentemente son mucho más explícitos que los sistemas de representación actuales, aunque desgraciadamente también expresados en un idioma para el que los técnicos actuales no estamos preparados. Sin embargo vale la pena hacer el pequeño esfuerzo que requiere su comprensión por la eficaz ayuda que pueden ofrecernos en el cometido restaurador. De ello puede darnos una idea el hecho de que aquel sea el método usual de representación que emplean en nuestros días los carpinteros americanos en la construcción de cubiertas de madera.

A falta del procedimiento medieval no queda más opción que el use de la geometría descriptiva, con los problemas que ello conlleva de comprensión por parte de los ejecutores, quienes apenas llegarán a comprender el significado de nuestras representaciones, so pena de llegar a una definición pieza a pieza de los elementos a reponer o reparar, acotando con precisión trazos, comes, etc, y por supuesto siempre que estemos absolutamente seguros de la correcta representación realizada de nuestros dibujos.

EJECUCIÓN

En principio esta sería la fase menos comprometida para el arquitecto, en el supuesto de que las dos anteriores se hayan realizado correctamente, cosa por otra parte deseable. En todo caso es preciso conocer las posibilidades reales de intervención de los carpinteros que han de ejecutar las obras, dado que de sus medios dependerán las posibilidades de intervención en obra.

Ahora bien, previa a esta fase habrá sido preciso evaluar los esfuerzos a que se somete cada elemento para conseguir una correcta dimensión tanto de estos como de sus uniones, aspecto que nos plantea los interrogantes de más difícil respuesta del proceso de diseño. Hay que distinguir entre reposiciones de elementos cuya sección original ha ido degradándose a lo largo del tiempo, por pudriciones o ataques de xilófagos, y elementos de nueva implantación, ya sea como refuerzo de estructuras existentes, o como nuevos elementos de nuestro propio diseño. En el primer caso el cálculo es casi innecesario, ya que será suficiente devolver al elemento mutilado su sección original para que vuelva a conformarse como lo hizo a lo largo de la historia antes de ser atacado, pero en el segundo caso deberemos tener en cuenta todos los condicionantes que el peculiar cálculo de elementos de madera impone, incidiendo muy especialmente en el correcto diseño de las uniones entre diferentes elementos, aspecto que ciertamente encierra ciertos problemas por la falta de hábito en el diseño y cálculo de estructuras de madera.

Afortunadamente la ejecución de arreglos en la obra, (que en todo caso es la parte más comprometida de la intervención), se puede llevar a cabo con medios no muy sofisticados, pero no por ello de use generalizado. Por ejemplo, la inyección a presión en el interior de la madera de productos curativos o preservativos no tiene ninguna dificultad, pero precisa de equipo adecuado para proporcionar la presión suficiente que garantice una eficaz impregnación de la madera. Si no se dispone de dicho equipo se podrá suplir su falta con fumigadores agrícolas, pero la cantidad de taladros a realizar para conseguir el mismo resultado será muy superior, alterando visiblemente el aspecto visible de la pieza tratada, y en

algunos casos este sistema no garantizará el acceso a zonas de madera que quedan por encima del nivel de los taladros, por to que siempre se debe preferir la posibilidad de inyectar con la presión suficiente.

La ejecución de prótesis con resinas, ya sea utilizando la resina como relleno, ya como cola de unión de laminas de madera, requiere tan sólo un mínimo control de la temperatura de fraguado para que su acción sea eficaz. Aunque esta precaución no es imposible de cumplir, en ciertas ocasiones serà preciso disponer de medios auxiliares importantes para garantizar una mínima continuidad en el trabajo. Este tipo de medidas puede consistir en la realización de una cobertura mínima de la zona de trabajo, necesaria también para no alterar las condiciones de humedad de la madera en caso de lluvias, o simplemente de nieblas en los que el aire se satura de humedad que finalmente irá a la madera. Estas medidas deberán ser mucho más severas en el caso de techumbres policromadas por razones obvias.

Las soluciones con elementos auxiliares metálicos no se excluyen, pero siempre que sea posible será bueno evitarlas por los problemas que pueden plantear de oxidación, menor resistencia al fuego, y mayor conductividad térmica que condensa en sus superficies la humedad ambiente que acabará en la madera por su mayor higroscopicidad, pero naturalmente en muchos casos serán la alternativa más sensata, en cuyo caso debemos asegurar su inoxabilidad, por ejemplo con un buen galvanizado en caliente, o utilizando el acero inoxidable si el presupuesto lo permite. También es una sana medida en el caso de emplear placas metálicas embutir éstas en la madera, con lo que quedarán protegidas de los problemas antes enunciados.

CASOS DE INTERVENCIÓN FORJADOS DE PISO

El fallo común de este tipo de estructuras es la pudrición o ataque de xilófagos en sus cabezas, Para que estos ataques se produzcan se deben dar unas condiciones de humedad de las zonas atacadas que deben ser corregidas de antemano.

La reparación de las cabezas de vigas o viguetas afectadas se puede hacer por varios procedimientos, dependiendo el método a elegir principalmente de la condición de que la madera sea o no vista. Por supuesto que la primera evaluación a realizar es la de la sustitución de elementos viejos por nuevos, sin excluir la posibilidad de mantener los elementos originales por razones de cualquier tipo que no entro a considerar. Si se decide la conservación de los elementos existentes, caben diversos casos.

En el caso de que la madera se encuentre oculta por falso techo se puede llegar hasta la más simple de las soluciones que consiste en clavar a ambos lados de la viga dañada elementos auxiliares de madera.

No obstante, siempre es mejor recomponer la cabeza de la viga, ya sea con resina epoxi a la que se añade una carga inerte de arena silícea, o si las condiciones de trabajo lo permiten, laminando madera que se encolará con resina de resorcina.

Puede ser necesario un aumento de la capacidad portante del forjado, bien por que el original tuviera sección escasa y hubiera flechado de forma excesiva, o bien por que un cambio de use así lo exija. En el primer caso se pueden dar dos circunstancias: que sea o no preciso corregir la flecha adquirida.

Supuesto que queramos enderezar dichas vigas la primera cuestión a considerar es el interés en conservar dichos elementos flechados, circunstancia que puede ser prioritaria en cuyo caso cabe la solución pero hay que considerar su elevado coste antes de decidirse por ella.

En el caso de que simplemente se trate de reforzar o aumentar la resistencia de dicho forjado, podemos adoptar distintas soluciones. Una de ellas sería aumentar la sección de trabajo de dichas vigas proporcionándolas una cabeza de compresión que puede ser de tablero contrachapado fenólico o de hormigón. En ambos casos se colocarán conectores que garanticen la transmisión de esfuerzos rasantes entre ambos materiales, y sin perder de vista al colocarlos de no hender la madera, lo que podría hacer perder su eficacia. Los conectores en el caso de usar tableros serán tornillos, y para cabezas de hormigón pueden ser tornillos, o varillas fijadas con resinas en taladros previamente realizados en las vigas. En cualquier caso, el número de tornillos, su diámetro y la separación entre ellos y a los bordes de las maderas se deben establecer según las mismas normas que regulan las uniones con tornillos o bulones.

El refuerzo de jácenas puede ser más complejo, por interferir generalmente las viguetas del forjado, pero los principios a seguir son los mismos que en el caso de viguetas.

ARMADURAS DE CUBIERTA

Entre las armaduras de cubierta debemos considerar dos sistemas básicos: las armaduras de pares, y las de correas.

En las armaduras de correas éstas se apoyan sobre arcos o piñones de fábrica, o sobre cerchas trianguladas intermedias. Si los elementos dañados son las correas, el proceso a seguir es similar al de los forjados, si bien en las cubiertas no suele darse la circunstancia de que sea preciso considerar mayores sobrecargas que las que hasta el momento hayan soportado. Por regla general, y salvo que se trate de elementos singulares, la solución más sencilla será la simple sustitución de elementos dañados por otros nuevos de sección similar.

En cuanto a la intervención en elementos triangulados, se debe de considerar la necesidad de mantener las condiciones de unión de cada nudo, y en el caso de no respetarse, (un empotramiento de unas piezas en otras podría ser conveniente), hacer un análisis de las nuevas condiciones de trabajo de cada elemento del conjunto.

Si las armaduras a reparar son de pares, mayoritariamente se tratará de armaduras de par y nudillo, cuyos puntos flacos son: los encajes de estribos en tirantes, el apoyo de pares en los estribos y la unión de pares y nudillos. En estas estructuras es fundamental no alterar las condiciones de trabajo de sus distintos componentes, y las prótesis de los elementos dañados se harán preferiblemente recomponiendo las secciones perdidas con láminas de madera encoladas con resorcina.

Si las armaduras fueran de lacería o de trazado geométrico complejo, se debe de investigar cuales son los elementos modulares de que está compuesta la armadura, y procurar no alterarlos, trabajando siempre sin desmontar los conjuntos parciales que forman dichos módulos, para evitar que al desmontar elementos se puedan liberar tensiones en la madera que después hagan más difícil la recomposición de los mismos. En caso de perdida de fragmentos de estas estructuras el simple análisis geométrico de sus formas permite reconocer perfectamente la forma y dimensiones de los elementos desaparecidos por lo que su recomposición se puede llevar a cabo sin necesidad de inventar nada. La necesidad o no de inventar alguna parte de lo perdido establecerá el límite lógico de la intervención regeneradora de la solución original.

CONSIDERACIONES GENERALES

En las intervenciones de restauración hay que considerar además un par de aspectos importantes: en primer lugar la posible existencia de policromías, lo que exigirá como primera medida la realización de las operaciones imprescindibles para garantizar la conservación de la existente antes de practicar cualquier otra operación ya sea de carpintería, o incluso de albañilería. (por ejemplo la retirada de las tejas puede causar daños irreparables si no se han tomado las necesarias precauciones).

La otra cuestión a considerar es el estado de la madera, que por reiterados ataques de xilófagos puede encontrarse a punto de pulverización, en cuyo caso la primera operación será la de consolidar dicha madera, para lo cual el sistema de mejores resultados es la utilización de una resina epoxi de alta dilución y largo tiempo de endurecimiento, para garantizar una buena penetración hasta el interior de la madera dañada, habida cuenta que el serrín y polvo existente en el interior de la madera atacada forma una barrera que puede hacer ineficaz una consolidación que se quede en la superficie tratada.

Una vez resueltos los problemas previos mencionados se puede proceder a la restauración carpintera propiamente dicha.

En definitiva las operaciones a realizar son tan simples como tratar de devolver a cada pieza su sección original perdida, o su forma, (lo que ya no es tan simple. Si partimos del principio que con la sección correcta de cada pieza una estructura de madera ha resistido el paso de los siglos, bastaría poder recuperar dicha sección original para garantizar otros tantos siglos de vida a dicha estructura.

Dado que un encolado con resorcina establece una unión entre dos caras de la madera de mayor resistencia que la que tienen las propias fibras de madera entre sí, bastará encolar las maderas con esta cola para garantizar al menos una vida tan larga como la que sabemos que tiene la propia resorcina. Por el momento no podemos garantizar que dicha unión dure siglos, pero si sabemos que bien realizada, puede resistir cerca de cien años, lo cual da cierta tranquilidad.

Para llevar a cabo dicha unión se deben preparar las superficies de modo que tengan un buen ajuste entre sí. Siempre que sea posible se deben evitar los encolados por testa que son absolutamente ineficaces, por lo que las láminas que se añadan a la madera vieja deben unir sus extremos en bisel, al menos a 45°, y si fuera posible con un ángulo aun menor. Para poder garantizar una unión capaz de trasmitir esfuerzos de todo tipo el solape preciso entre dos maderas, (cortándolas en bisel), debe guardar la relación al menos de 7 a 1, y mejor de 8 a 1, y el bisel debe realizarse en el plano perpendicular al de trabajo a flexión de la pieza.

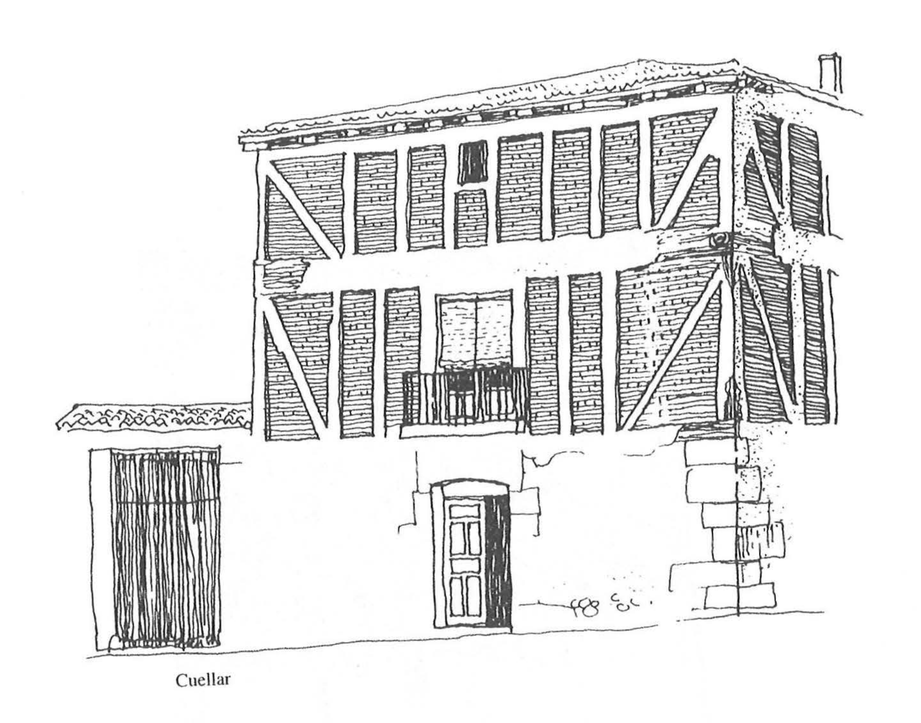
La temperatura de encolado debe estar por encima de los 10° C, y preferiblemente por encima de 20° C. Para garantizar esta temperatura en tiempo frío será preciso proteger la zona de encolado y preferentemente también el ambiente en que se encuentra, así como asegurarse de que no se han producidotemperaturas más bajas de los 10° durante el proceso de endurecimiento de la cola, colocando junto al elemento encolado un termómetro de máxima y mínima. Es muy importante comprobar la humedad de las maderas empleadas, de forma que sea similar el de todas las utilizadas. Las piezas deben permanecer bajo presión durante 20 horas al menos, ya sea mediante tornillos de aprieto o por atornillado permanente lámina por lámina.

En caso de refuerzo de elementos de madera con varillas o placas de acero y resinas epoxi, las varillas deben estar totalmente libres de óxido, para lo que se tratarán con chorro de arena inmediatamente antes de su empleo.

También se pueden utilizar varillas de fibras de vidrio o sintéticas adecuadas para dicho uso. La arena que se utilice como carga con la resina será silícea de grano fino, y la aplicación se hará también con temperaturas por encima de diez grados centígrados, si bien en el caso de las resinas epoxi la reacción entre la resina y el endurecedor produce un aumento de temperatura que puede aprovecharse si se protege adecuadamente para mantener dicho calor.

Finalmente queda por mencionar la posibilidad de realizar uniones por simple ensamble, sin necesidad de utilizar ningún tipo de cola, teniendo en cuenta al realizar la unión el tipo de esfuerzos que ha de trasmitir el ensamble, solución que no es factible para cualquier tipo de esfuerzo, pero que si se podría aplicar en determinados elementos de una armadura de pares. Es una buena solución que ahorra resinas, colas y otros elementos auxiliares, pero tiene el grave inconveniente que requiere carpinteros, y de eso por el momento andamos muy escasos.

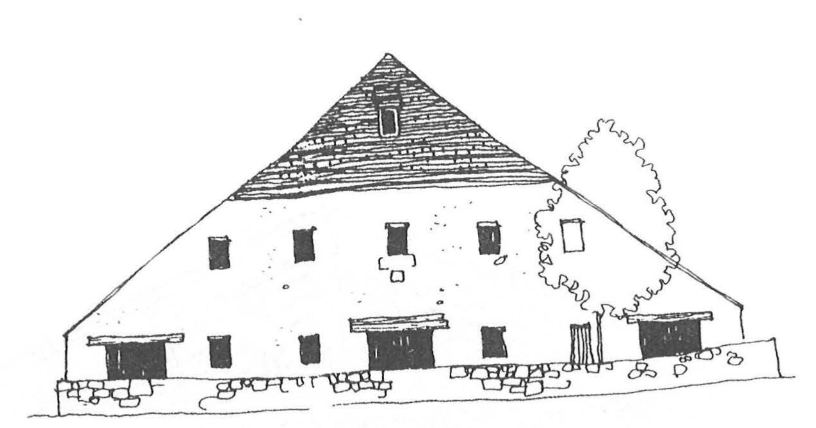
ENTRAMADOS DE MADERA



Cuellar

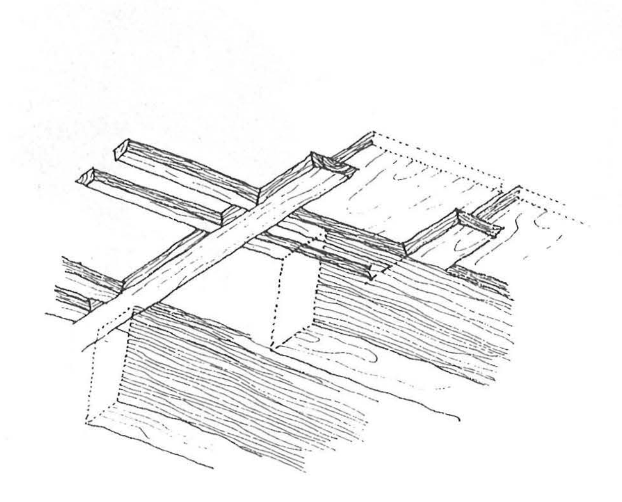


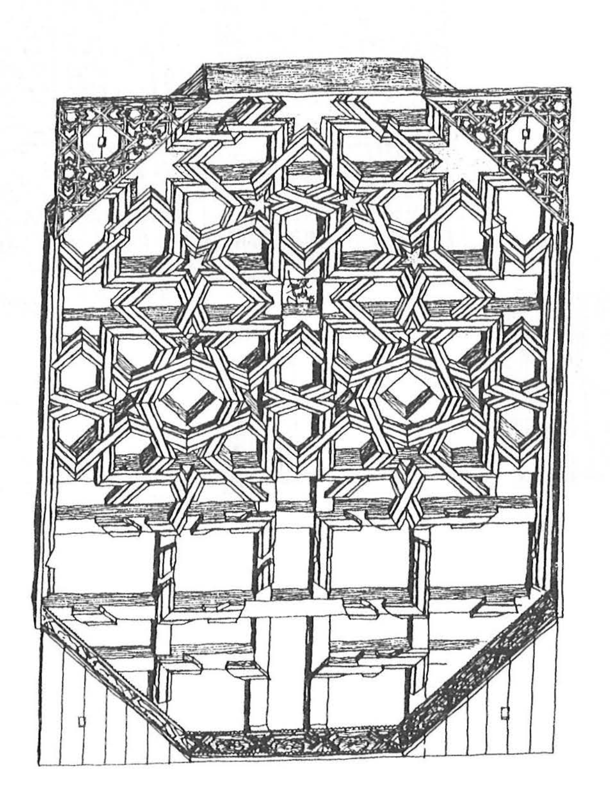
Carangas

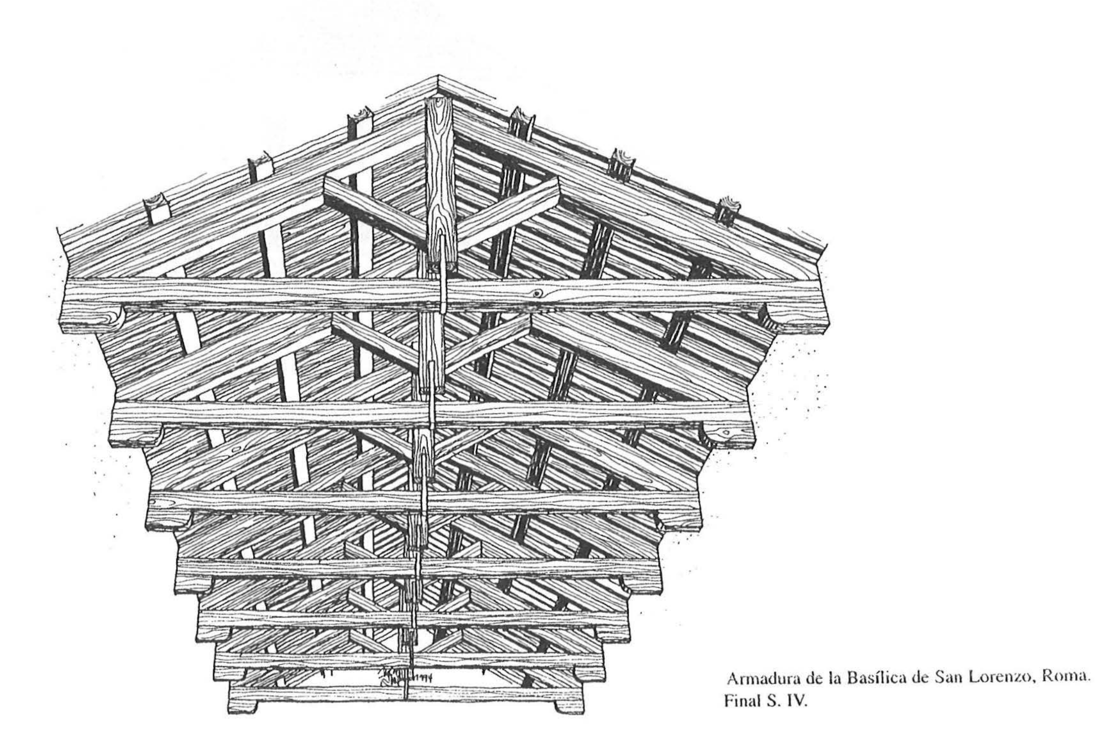


Masía Lobató. Gessa. Cerca de Viella.

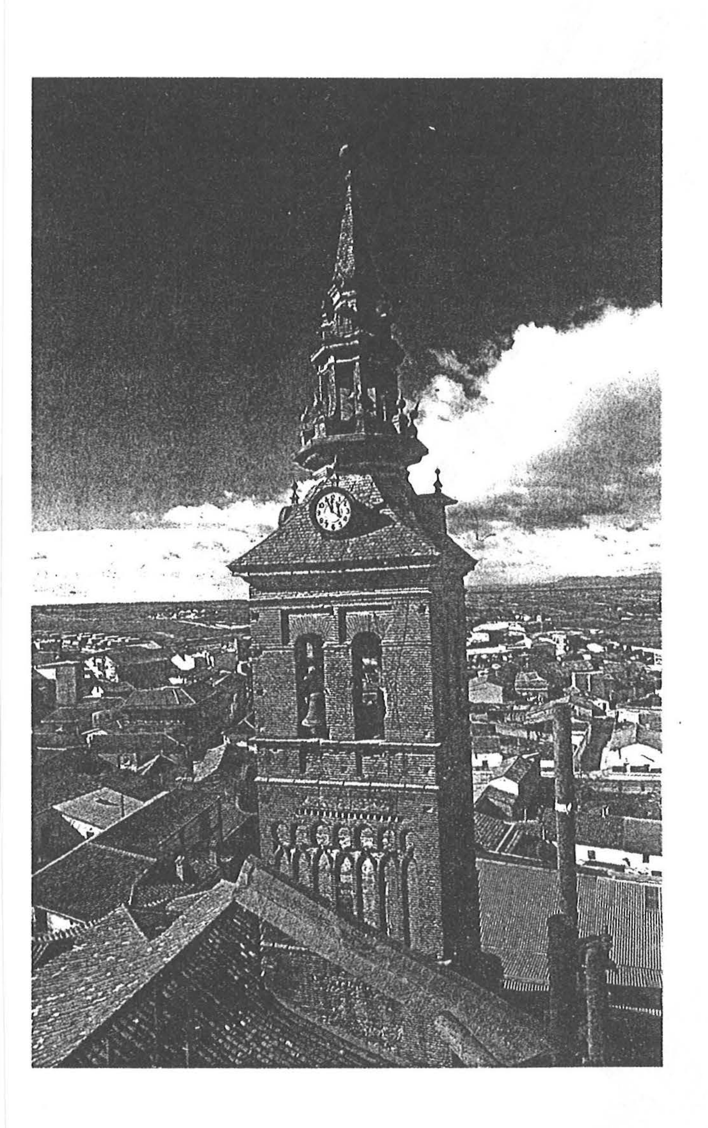
ARMADURAS DE CUBIERTA

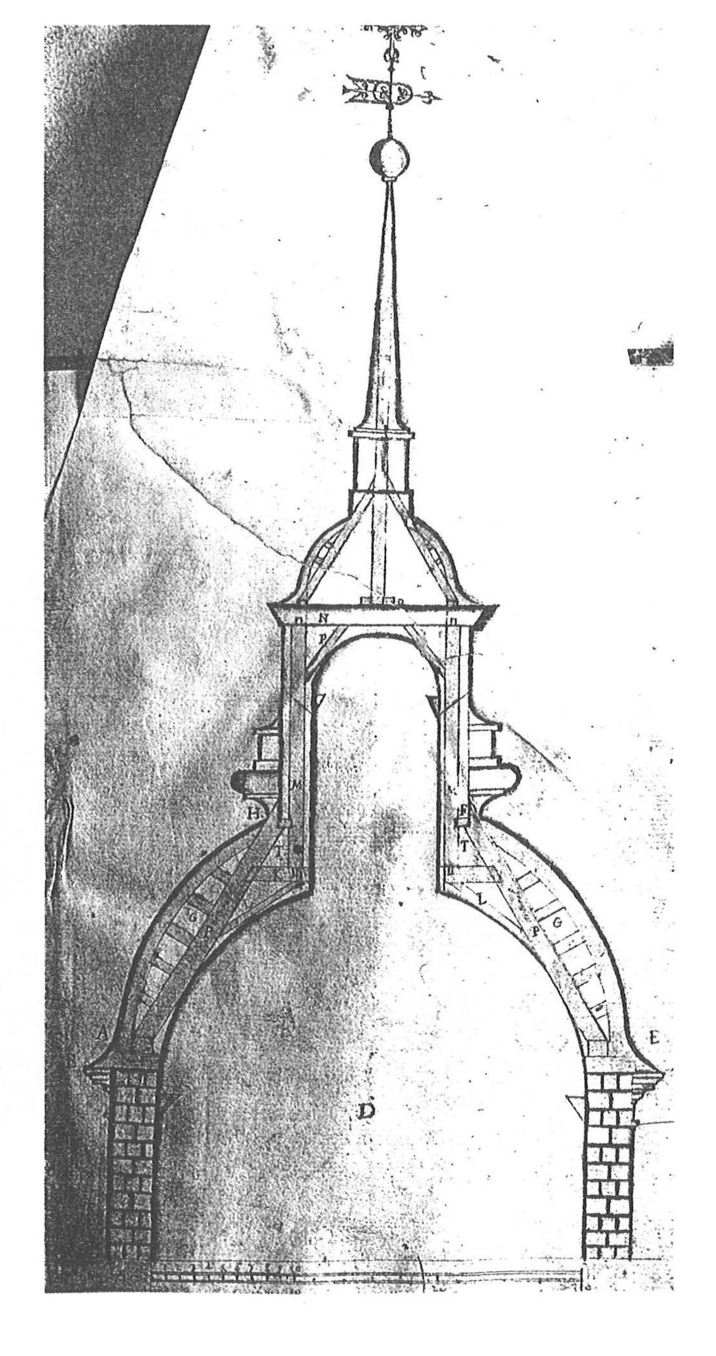

Cinta y saetino.


Erustes, Toledo.

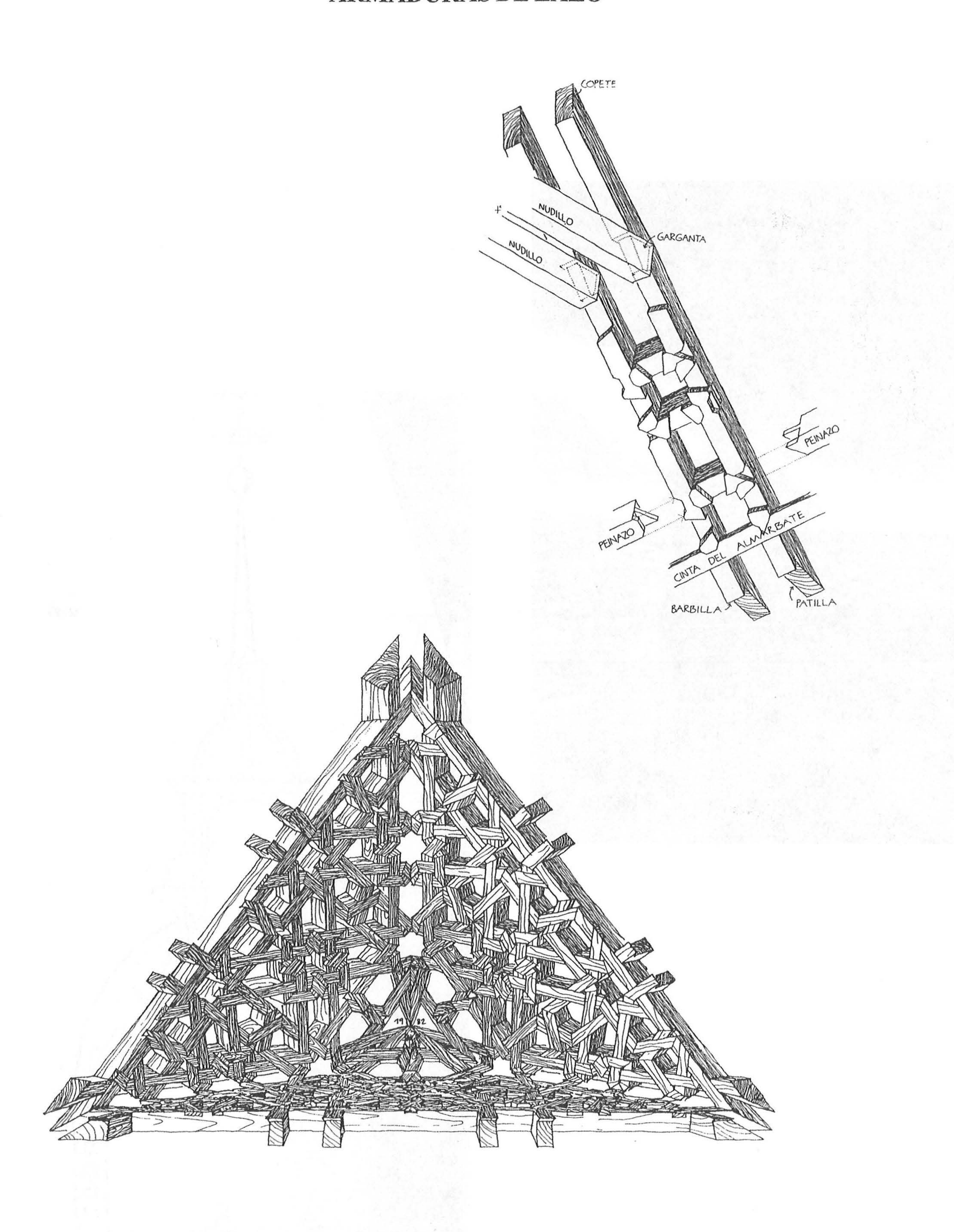

Armadura de la Basílica de San Lorenzo, Roma. Final S. IV.

CHAPITELES

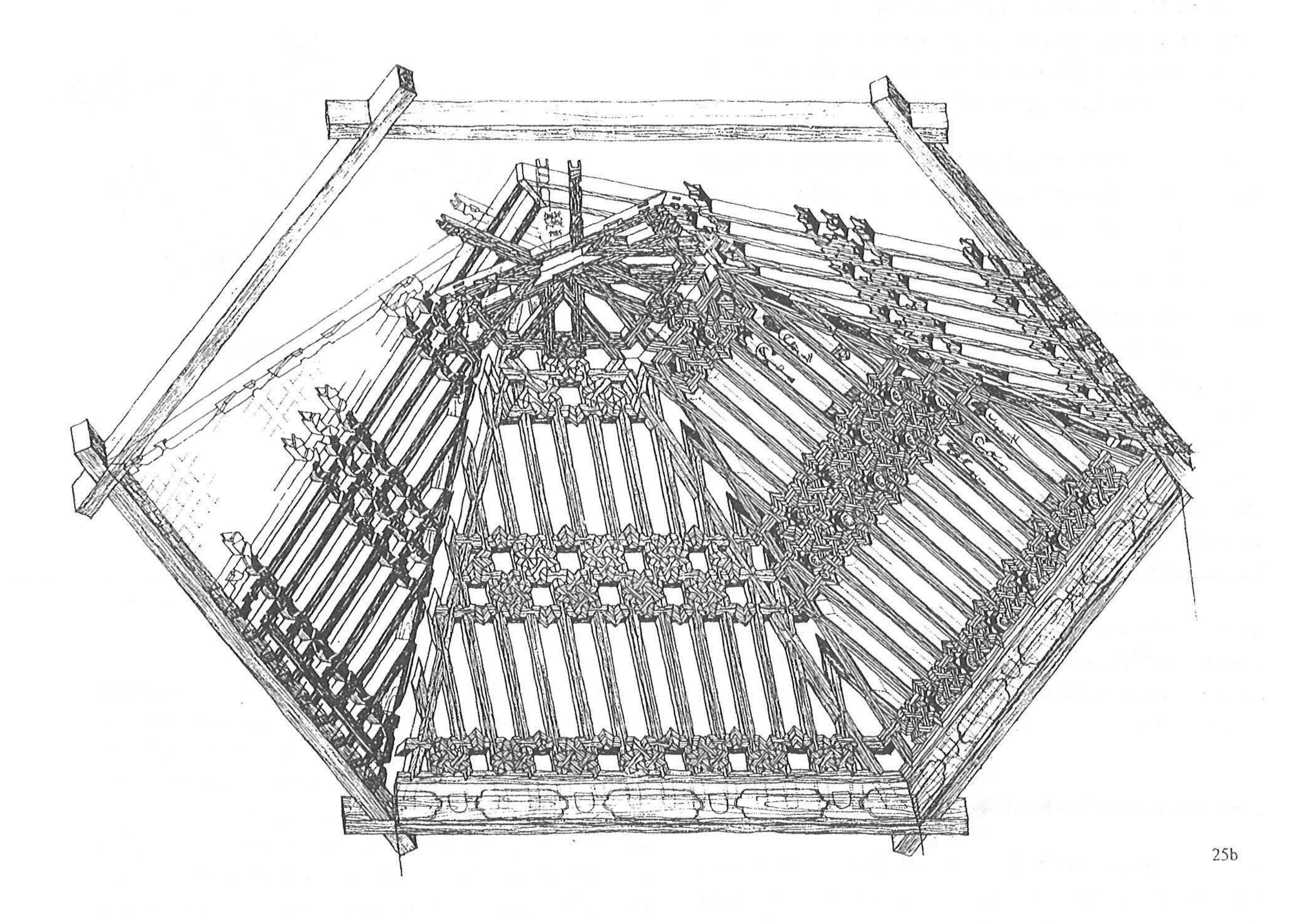




ARMADURAS DE LAZO



ARMADURAS DE LAZO



25b

UN EJEMPLO DE REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS: LAS ARMADURAS DEL PALACIO MAÑARA.

INTRODUCCIÓN

Entre las realizaciones carpinteras Españolas, las armaduras de lacería representan el máximo exponente tecnológico y por supuesto, una de las más vistosas realizaciones carpinteras de todo el continente Europeo.

Ciudades como Sevilla disponen de una enorme riqueza en este peculiar patrimonio, razón por la que he escogido este ejemplo para este escrito.

Las de laceria son armaduras de par y nudillo, con una característica particular dentro de este sistema estructural, la posibilidad de su prefabricación. La aparente complejidad de sus trazados, paradójicamente era la mejor garantía de buen ensamblado de las distintas piezas, que podían realizarse por distintos operarios, comodamente en el suelo, (o en banco de trabajo), y cuya precisión en las medidas de las distintas zonas de encuentro, estaba garantizada por la trama geométrica de la que dependía su trazado de lacería.

El caso del palacio de Mañara es bastante didáctico en cuanto a la restauración de armaduras de lazo, por contar con una serie de ejemplares, en diversos grados de degradación.

LAS ARMADURAS DE LAZO

Antes de entrar en la descripción de la restauración mencionada, he de hacer una pequeña introducción para describir la carpintería de lazo. Como ya he indicado, se trata de armaduras de par y nudillo, compuestas por pares muy próximos entre sí, trabados aproximadamente a dos tercios de su altura por la pieza denominada nudillo. Estas armaduras, como sus parientes más próximos, las de par e hilera, producen empujes en sus apoyos, cuya magnitud depende de la inclinación de los pares.

Cuando su inclinación es grande, como ocurre en la mayoría de las armaduras Europeas de este tipo, los empujes son pequeños, pero si se reduce esta inclinación los empujes aumentan hasta el punto de necesitar tirantes que mantengan en su posición los estribos sobre los que arrancan los pares.

En España la inclinación más utilizada históricamente ha sido la de 36 grados, que corresponden a la cola del cartabón de cinco (5), (figura 2) salvo que dicha inclinación viniera impuesta por el trazado de lacería escogido, en cuyo caso unas sencillas reglas permitían obtener de la muestra que definía la armadura, la inclinación de sus pares. Estas sencillas reglas que conocemos gracias a los escritos de López de Arenas, siguen siendo muy útiles para nuestro trabajo de restauración como después voy a mostrar.

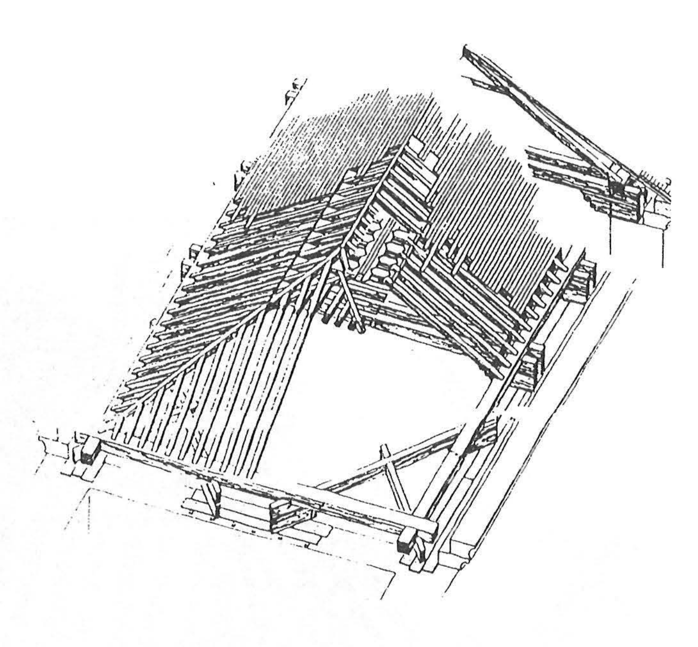


Figura 2. Armadura de la Iglesia del convento de Salamanca, mostrando sus elementos mas característicos

Con esta inclinación de 26 grados, (y con la mayoría de las que resultaban de aplicar las muestras más usuales), solían ser imprescindibles los tirantes, piezas sobre las que se empezaba a organizar toda la estructura. En realidad, hay que decir que casi sistemáticamente, los tirantes se apoyaban en ménsulas o canes que cumplían un doble cometido: por un lado separaban los tirantes de la obra de albañilería, con lo que los protegían de posibles humedades de las fábricas y por otro reducían la luz libre de trabajo a flexión, con lo que disminuían la posible flecha de los mismos, flecha por otra parte no muy importante dado que dichas piezas no habían de soportar más que su propio peso, (figura 3).

A su vez estos canes tampoco se apoyaban directamente en la fábrica, sino que entre la coronación de los muros y dichas zapatas siempre se interponía la solera, pieza compuesta por una serie de maderos que recorría toda la coronación de la obra de albañilería, clavados a nudillos previamente recibidos en dicha coronación. Naturalmente estas maderas en contacto con la fábrica requerían el mayor curado posible, pero por la otra parte también estaban perfectamente ancladas para evitar su movimiento.

Sobre los tirantes, en una entalladura realizada en su cara superior se colocaban los estribos, pieza que trabaja a flexión compuesta, dado que además de soportar el empuje del conjunto de pares, había de soportar el peso de la techumbre, simplemente apoyados en los tirantes. De ahí que su sección suela ser de cierta importancia.

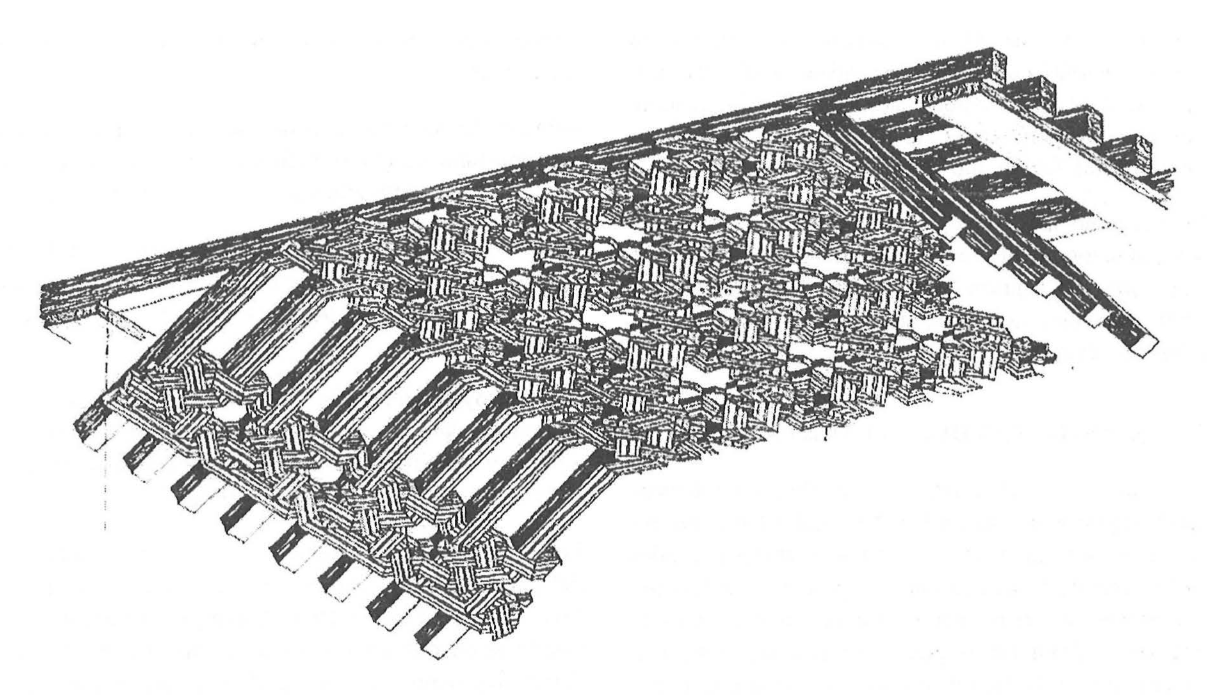


Fig. 3. Claustro alto. San Juan de los Reyes, Toledo.

Los estribos, lógicamente, se trababan también en sus extremos, dependiendo la forma de hacerlo de que la armadura fuera "cuadrada" u "ochavada" (figura 4). En el primer caso, se resuelve el atirantado con una madera de la misma sección que la del estribo, con su plano superior a la misma altura que los estribos laterales, para posibilitar el apoyo en un mismo nivel de los faldones de los testeros. En el segundo caso hacen falta un par de cuadrales, uno en cada esquina, trabados también a medias maderas para mantener su cara superior en el mismo plano y así permitir el apoyo de los faldones a las ochavas.

Ahora bien, en el caso de armaduras cuadradas, el estribo de los testeros tenía mucha mayor longitud de trabajo, que las piezas laterales que contaban con el auxilio de los tirantes, y si los empujes tenían importancia, era preciso contrarrestarlos con cuadrales, aunque estos no tuviesen faldones que recoger. En este caso, la función de los tirantes, la ejercían los cuadrales, piezas que están situadas no a medias maderas con los estribos, sino en el mismo plano de los tirantes, recibiendo a los estribos del testero y del lateral en cajeados de su cara superior, similar al de los tirantes, pero practicados con un ángulo de 45 grados.

Toda la infraestructura compuesta por el estribamiento antes descrito, se oculta generalmente mediante una serie de tablas denominadas aliceres, cuyo conjunto, con una serie de molduras que los separan, componen el arrocabe de la armadura.

Los pares de los faldones terminan en la hilera, y como ya he indicado, quedan trabados por los nudillos aproximadamente a dos tercios de su altura.

Las armaduras de lacería se prefabricaban antes de montarlas en su posición definitiva, lo que obligaba a resolver las limas de modo diferente al usual cuando no existía tal lacería. Esto da lugar a las armaduras denominadas de limas moamares, o limas dobles, solución que permitía independizar los dos faldones, sin necesidad de acometer a una lima única o bordón, que hubiera imposibilitado montar los distintos pares concurrentes en ella fuera de suposición definitiva.

La prefabricación era también posible, gracias al tipo de ensamble empleado entre pares y nudillo, resuelto de modo que paños enteros de faldón se podían dejar caer sobre el paño formado por los nudillos, (denominado almizate), el cual se mantenía en suposición provisionalmente, apeándolo sobre los tirantes.

El perfecto acople entre las múltiples piezas de ambos conjuntos, quedaba asegurado gracias a la precisión de medidas que proporciona el trazado geométrico de lacería, que actúa a modo de trazado regulador, garantizando el mínimo de precisión imprescindible para conseguir la misma separación, tanto entre pares como entre nudillos, sin la cual sería imposible realizar el acoplamiento de ambos conjuntos.

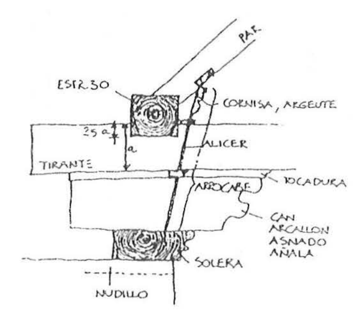


Figura 4. Detalle tipico del arranque de una armadura

Una vez organizada toda la armadura, se cubre el trasdós con un entablado que se puede realizar de diversas formas, sobre el que se coloca la cubierta de teja, generalmente sobre una torta de arcilla que ayuda a la impermeabilización que aquella proporciona.

En ocasiones la forma externa de la cubierta no se corresponde totalmente con la de la armadura, aunque ésta sigue siendo el soporte estructural en el que se apoya la imprescindible armazón utilizada para formar los faldones exteriores.

LAS ARMADURAS DEL PALACIO MAÑARA

El estado de las techumbres de este edificio era lamentable. Algunas aunque en bastante mal estado, aún resistían in situ, de otras sólo quedaban restos parciales de las mismas y otras habían desaparecido totalmente. La intervención de restauración del palacio, a cargo de Fernando Villanueva, requería restaurar las existentes, recomponer en la medida en que su conjunto se conociera con seguridad, aquellas de las que tan solo quedaban fragmentos y donde no quedara ningún resto que permitiera conocer la armadura original, realizar una techumbre con técnica actual, que permitiera diferenciar claramente la intervención de nuestros días.

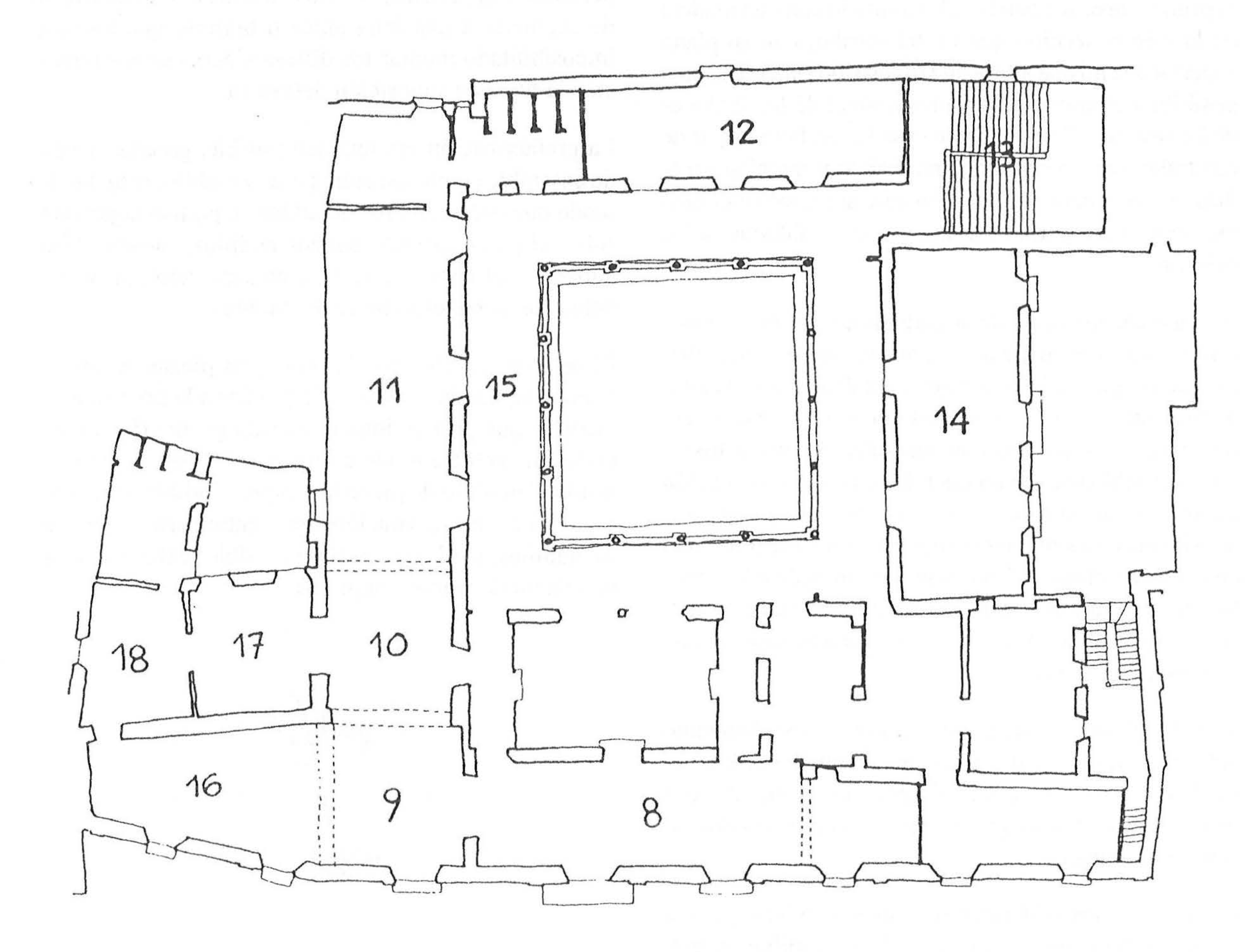
Croquis del palacio Mañara con numeracion del las distintas salas.

Además de las armaduras de cubierta, también existía un importante conjunto de forjados de piso, que requerían una importante intervención sobre los mismos.

En el momento de reconocer el estado de las techumbres, el palacio disponía de una cubierta de estructura metálica, que al menos detenía el deterioro sufrido hasta el momento.

No me voy a referir a la intervención en los forjados, por ser similar a las intervenciones generales en la madera, voy a ceñirme a las armaduras de lazo, por tratarse de una actuación de características singulares.

Para su identificación, numero las salas de la planta alta del palacio, de acuerdo con el croquis de la figura 5. Los techos de las salas 10 y 11, aunque en bastante mal estado, se encontraban insitu, los de las salas 9 y 8, quedaban fragmentos dispersos, el de la sala número 12, tenia una importante deformación debida a los asientos de las fabricas sobre las que se apoyaba, y a los de las salas 17 y 18, estaban en muy mal estado y se trataba de armaduras de muy escaso interés. El resto de armaduras de cubierta había desaparecido totalmente.



Croquis del Palacio Mañara con numeración de las distintas salas.

Armadura número 12

De las armaduras a restaurar ésta es la de menor calidad, aunque no por ello dejaba de tener interés. Es la de menor luz, y se encuentra en la estancia del fondo del palacio, seguramente de menor importancia que las del resto de esta planta en torno al patio principal. Su estructura es de lima bordón, por lo que no podía ser prefabricada, al menos en la parte correspondiente a los cuartos de limas. Se trata de una armadura totalmente funcional, con un recorte en parte de las cintas de trasdós que le proporcionan el único detalle decorativo a la misma.

Como tal armadura simple, la separación de sus pares obedece a necesidades estrictamente estructurales, no estando por tanto supeditada a cumplir la regla de calle y cuerda típica de las armaduras de lazo. Sus testeros muestran una de las soluciones posibles para resolver la incompatibilidad de reparto entre los pares de los faldones y los de los testeros, habida cuenta que en los cuartos de limas el reparto de pares del testero, ha de ser idéntico al de los pares del faldón, para encontrarse las respectivas péndolas, y sin embargo este reparto normalmente no es compatible con la dimensión del testero.

La solución aquí adoptada resuelve airosamente este problema, colocando dos pares dobles que absorben la incompatibilidad. Sus tirantes se traban entre sí con una decoración de lazo, con estrellas de ocho en los extremos y en el centro, pero la falta de agramilado deja esta solución con una gran pobreza. Tiene interés como demostración de la necesidad del agramilado para acentuar el efecto de lacería de esté tipo de carpintería.

Al no ser de lazo esta armadura, sus paños no están prefabricados y sus pares no tienen más trabazón que la que le proporcionan las cintas con las que forma su trasdós. Esto condiciona la actuación sobre la misma dado que la necesidad de desclavar las tablas del trasdós para su reparación o reposición deja toda la armadura como un conjunto de pares y nudillos totalmente independientes entre sí. Por esta razón también se vio más afectada esta armadura por un asiento de sus apoyos, deformación cuya recuperación era imposible in situ, como suele ser recomendable en estos casos, por la existencia de un zuncho de hormigón realizado para consolidar uno de los muros laterales, y a la vez, poder apoyar a más altura la techumbre metálica existente en la actualidad.

Esta circunstancia obligó a desmontar totalmente está armadura, por lo que su restauración se ha ido haciendo en el suelo, compensando en parte la complicación que ha supuesto su desmontado total, con unas mejores condiciones del trabajo de restauración.

Armaduras números 10 y 11

Aunque estas armaduras se encontraban en su posición original, sus daños eran considerables. Los fallos principales eran de deformación o rotura de muchos de sus pares, con lo que se producían importantes deformaciones. También faltaban o se encontraban rotas muchas de las tablas de su trasdós y sus zonas bajas habían sufrido las consecuencias de sucesivas goteras, produciendo reiterados daños, especialmente en los estribos, con lo que peligraba la estabilidad futura de dichas techumbres. Como son lógico estos daños alcanzaban también a las piezas de su arrocabe, aunque estos daños, en apariencia más escandalosos no tenían trascendencia respecto a la estabilidad estructural del conjunto. La restauración de estos techos consistía básicamente en la consolidación de las piezas rotas, cuando estas eran estructurales, mediante prótesis de madera encolada con resorcina y la reposición de numerosos taujeles perdidos.

De estos dos techos el número 10 es una armadura cuadrada, con su estribo reforzado con cuadrales. Los faldones llevan su parte interior y superior apeinazada, con decoración de lazo de ocho, mientras que el almizate incluye un complicado diseño de lazo de diez, con las transformaciones necesarias para adaptarse a la planta cuadrada del almizate. En el centro de este, un racimo de mocárabes remata su decoración.

La otra armadura, bastante larga, además de los correspondientes cuadrales, dispone de cinco pares de tirantes, decorados con lazo de ocho, agramilados. Esta armadura tiene decorados sus extremos y la parte central, tanto en faldones como en el almizate, en la zona en la que no hay lacería, las cintas se recortan para formar el típico trabajo denominado "menado", con estrellas de ocho puntas entre los menados. La junta entre cintas se tapa con un listón en forma de media caña.

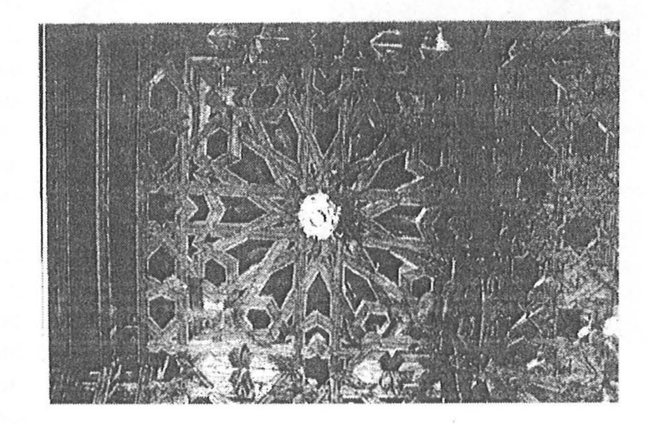


Fig. 7. Armadura numero 11, en esta foto se aprecia la rotura del ultimo nudillo del almizate.

Uno de los extremos de este almizate se encontraba totalmente hundido por rotura de uno de sus nudillos, pieza estructuralmente escasa en esta parte, al tratarse de una rueda de doce puntas, que solo deja un nudillo en el que acometer el empuje y peso de todas las péndolas del testero (figura 7).

La actuación de estas dos armaduras se hizo, (como es recomendable siempre que ello sea posible), sin desmontarlas, trabajando siempre in situ, y reforzando tanto las piezas rotas (pares o nudillos), y especialmente muchas de las gargantas de los pares, en el lugar de encuentro de los nudillos, talón de Aquiles de estas armaduras.

Tanto estas dos armaduras como los números 8 y 9, están realizadas en madera de cedro, lo que denota una costosa ejecución, que además se confirma por el perfecto encuadrado de sus maderas, trabajadas con una gran precisión en cuanto a sus dimensiones así como en la planitud de sus caras, no demasiado frecuente en el arte de la carpintería de armar, aunque se trate como en este caso de complejas armaduras de lacería.

Armadura número nueve

Esta es una ochava y se encontraba totalmente arruinada. Todos sus faldones precisaban importantes reparaciones, uno de ellos no existía y otro, solo parcialmente en fragmentos incompletos, (figura numero 8).

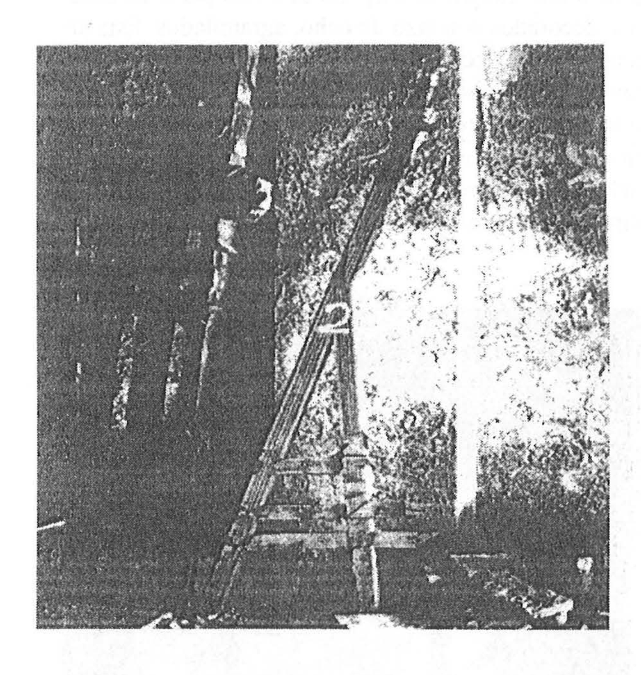


Figura 8. Esto es lo que quedaba de uno de los faldones de la armadura numero 9.

El almizate que también había perdido un gran numero de sus taujeles, se encontraba totalmente desvencijado, incapaz de cumplir su función estructural, habiendo perdido su racimo central de mocárabes. Afortunadamente este tipo de armaduras no plantea ninguna duda en cuanto a su reintegración total, tal es su disciplina geométrica. Baste tener en cuenta que la definición de una ochava completa se conseguía con la sola representación de uno de sus paños. Mas adelante explicaré la forma de obtener los datos de las fotografías disponibles.

El acuerdo entre la ochava y la planta cuadrada que cubría, se llevaba a cabo mediante pechinas planas, que aunque perdidas dos de ellas, cualquiera de las otras dos era suficiente para poder conocer como fueron las perdidas.

En esta armadura de muy buena ejecución, como las dos mencionadas antes, se aprecian claramente detalles de buena técnica, como la simulación del grueso de los taujeles que no están realizando una función estructural, mediante tabicas clavadas a los mismos (como decía antes con una gran precisión en la ejecución), lo que podía hacer dudar al espectador sobre el grueso real de estas piezas. Faltaban casi todas las arrocabas de enlace entre los distintos faldones, pero en algunos de sus paños aún quedaban algunas, en las que se podía comprobar la buena técnica empleada en su ejecución, siendo estas macizas y en el caso de pasar por encima de las limas (en el sentido que impone la lacería), la arrocaba se corta a medias maderas, y pasa hacia el interior del paño. Sus taujeles, en las zonas que van a quedar al aire, se cortan también a medias maderas, lo que vuelva a confirmar la esmerada ejecución de los techos.

Armadura número ocho

Esta armadura planteaba la restauración más problemática, dado que era la más incompleta de las existentes. De ella quedaban varios tirantes, cuyos rebajos para apoyo del estribo permitían conocer exactamente la luz de la misma. Quedaban también varios cuartos de limas, no muy completos y cuatro fragmentos de almizate, amén de una colección de pares sueltos, que aunque presumiblemente eran de esta armadura, el resto de los datos disponible permitían corroborar su pertenencia a la misma.

Los fragmentos de cuarto de limas existentes permitían conocer el tratamiento de la cubrición del trasdós de los faldones (y lógicamente de los testeros) y los ensambles de los fragmentos de almizate también permitían deducir la forma de acoplarlos. Había claramente dos extremos del almizate, lo que confirmaba la existencia de cornezuelos en tres de sus lados y dos piezas de una zona central, a juzgar por las cajas existentes en los nudillos de uno de los extremos de cada pieza, para encaje

de los correspondientes peinazos de unión, además de los rebajos necesarios para dar continuidad, entre una y otra pieza, a los taujeles necesarios para formar una estrella de ocho puntas en dicha zona central del almizate.

Al conocer exactamente la disposición del almizate, quedaba la duda si el diseño de lazo descendiese por los faldones como en el caso de la armadura número 11, pero la inexistencia de ningún indicio en este sentido (a parte de ser muy corta la decoración del almizate en los extremos, resuelta más para proporcionar el necesario refuerzo ante el encuentro de los testeros, que para crear un motivo decorativo importante), me hace pensar en la continuidad de la labor de menado por los faldones, en principio más coherente con este almizate y por otra parte, solución que no precisa inventar nada que no conozcamos con suficiente fiabilidad.

En la restauración de este techo ha sido preciso completar una serie de pares inexistentes (existían casi todos, lo que apoyaba la suposición de que ningún tramo del faldón tenía otra decoración que la proporcionada por las cintas del trasdós), y al haberse perdido la casi totalidad de las cintas del trasdós, ha sido necesaria su fabricación, con el recorte que se aprecia en las piezas que aun quedaban en los cuartos de lima. Las cintas nuevas se han fresado con control numérico, lo que proporciona un efecto a la vista prácticamente idéntico al de las piezas originales, pero en un examen detenido permite reconocer la actuación actual.

Los tirantes han necesitado reponer sus extremos, desde la entalladura que recoge el estribo hasta el final de los mismos, pues la pudrición de aquellos fue con toda seguridad, la causa que provocó la ruina de está armadura. Por supuesto que ni su estribo ni el de la armadura numero 9 han dejado in situ el más mínimo resto, lo que es lógico, dado que fue su posible pudrición, (el estribo es la pieza que recoge el agua de todas las goteras), la que supuso la ruina y caída de ambas armaduras.

La restauración en cuanto al trabajo en si de las maderas de estas armaduras es muy parecida a la restauración de cualquier otra estructura de madera, aparte de las peculiaridades típicas de sus ensambles característicos. El interés especial de este tipo de actuaciones está en la posibilidad de poder conocer totalmente la armadura a partir de fragmentos de la misma. Antes mencioné la forma de definirlas totalmente a partir de una muestra que generalmente no representaba más que uno de sus testeros y un fragmento de almizate. Voy a explicar esto mas detenidamente, (Fig. 9).

El manuscrito de López de Arenas en Sevilla y el de Fray Andrés de San Miguel en América, explican las armaduras de lazo así como de la forma de trazar sus lacerías. Estas lacerías servían de pauta de trazado al carpintero y facilitaban un control espacial de la futura armadura.

La muestra que recibía el carpintero consistía en un dibujo a escala indeterminada, en el que se representaba cierto trazado de lazo. La relación entre el grueso de las cintas del trazado (en la realidad las maderas que compondrán la armadura) y el ancho de la pieza a cubrir eran suficientes para calcular el ancho de la madera a emplear.

Una serie de reglas que determinaban la forma de trazar las diferentes ruedas de lazo, permiten transportar a cada una de las maderas que compondrán el faldón representado en la muestra, sus diferentes dimensiones.

El carpintero empleaba esta compleja trama geométrica del mismo modo que hoy podemos utilizar una cuadrícula para trasportar de un papel a otro un complejo dibujo, con la diferencia a su favor que el trazado, al hacerse de acuerdo a unas reglas concretas no daba lugar a errores de interpretación, dado que dichos trazados solo se pueden hacer bien, ya que al trazarlos mal, su continuación es imposible, por estar todos los trazos controlados por unas estrictas leyes geométricas.

El método que empleaba el carpintero consistía en obtener la sección trasversal de la armadura, a partir de la muestra de un faldón del testero y de medio almizate, abatidos sobre el mismo plano. Construyendo el octágono cuyo lado es la base de la muestra del faldón, conoceremos la dimensión de la sala rectangular en la que se inscribe dicha muestra octogonal.

Como conocemos la altura del faldón, podemos trasladar esta a la sección, buscando con la ayuda de un compás, la intersección de un arco que mida de radio dicha altura, con la proyección de un nudillo del almizate, representado en la muestra por la línea que la remata por arriba (precisamente la que dividía en dos el octógono de dicho almizate). Esta sencilla construcción proporcionaba la sección trasversal, otra sencilla construcción gráfica, que relaciona los triángulos que definen el cuarto de limas de la armadura, permitía obtener los ángulos de corte de las limas, diferentes de los pares.

Conocidas estas leyes, nos bastan unas simples fotografías para poder realizar un levantamiento exacto de todas y cada una de las piezas de la techumbre, bien entendido que el plano que habremos levantado en principio carece de escala, pero como conocemos las dimensiones de la estancia que cubre la armadura, podemos obtener fácilmente la escala a la que hayamos realizado el dibujo.

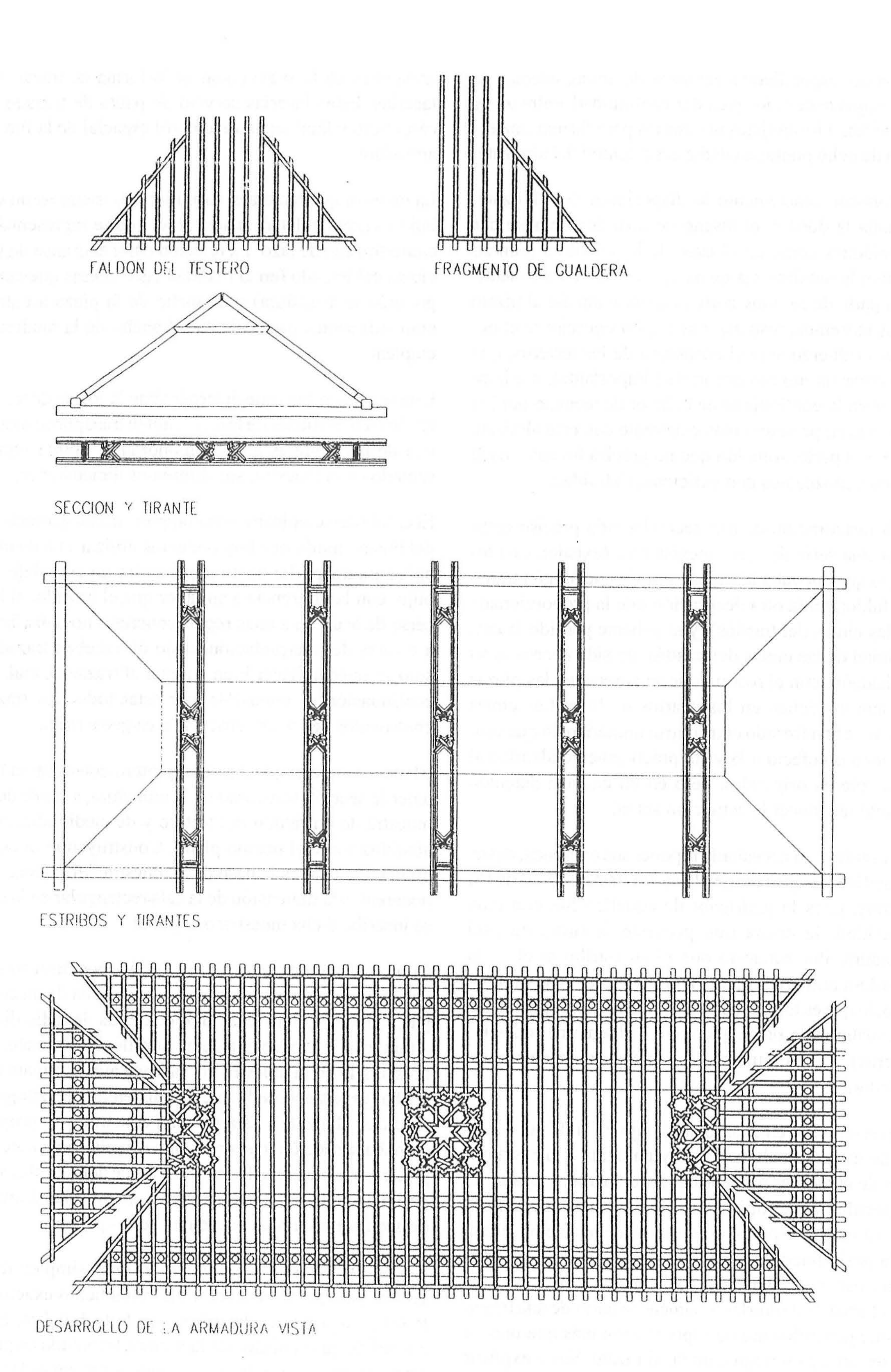


Fig. 9. Planos de la armadura número 8, deducidos de los restos existentes.

En la práctica realizo los dibujos tomando para la representación de las maderas un grueso igual a la unidad y para la calle el doble grueso, si el trazado es a calle y cuerda, o el que corresponda en caso contrario. Esta será la primera operación que debemos comprobar al encontrarnos ante una armadura de estas características cuestión realmente simple si la armadura esta al alcance de la mano y un poco más compleja nos tenemos que conformar con una simple fotografía (pero no excesivamente con la ayuda de un simple compás de puntas y una foto en la que los paños no se encuentren demasiado escorzados).

Después necesitaremos una foto que nos muestren uno de los testeros, que son los que definen el trazado de la armadura, y por supuesto cuantas más fotos completen la información más fiel será la interpretación que hagamos.

Por supuesto es imprescindible la toma de datos del local en el que se encontrara montado el techo, lo que las piezas existentes allí donde han perdido alguna pieza sobrepuesta permiten conocer con exactitud el ángulo con el que la pieza perdida atacaba a la existente. Tanto si se han perdido muchas piezas de una zona, como si estas existen parcialmente, el rastro de sus direcciones permite trazar las sucesivas intersecciones que podemos encontrar y conociendo los trazados básicos posibles, podemos deducir con casi total seguridad como eran los conjuntos parcialmente perdidos. En cualquier caso es un divertido ejercicio el tratar de integrar fragmentos de paños antes de compararlos con los existentes y comprobar el grado de fiabilidad que se obtiene siguiendo las a veces puede resultar problemático, dado que los restos de armaduras existentes pueden haberse movido del lugar en que estuvieron montadas, como era el saso de las armaduras desmontadas del palacio de Mañara. En esta ocasión, se daba la circunstancia favorable de que las estancias carentes de techos tenían luces diferentes, por lo que la medida de los tirantes y la resultante de obtener las correspondientes monteas, indicaban la crujía de procedencia. La posible duda en cuanto a longitudes tampoco planteaba problemas, dado que una de las desmontadas era cuadrada y la otra, por el número de pares existentes, así como por de tirantes, debía pertenecer a una estancia bastante larga, existiendo tan solo una que reuniera dichas características.

En el caso de ochavas, o de armaduras de planta cuadrada, el conocimiento de un paño y de medio almizate, nos permite el conocimiento total de la armadura y si el paño no estuviera completo, los rebajos realizados en estrictas reglas que controlaban la geometría que rige la carpintería de lazo.

NOTAS

NOTAS

NOTAS

CUADERNO



CATÁLOGO Y PEDIDOS EN
http://www.aq.upm.es/of/jherrera
jherrera@aq.upm.es

